



UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA
CENTRO TECNOLÓGICO - CTC
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA CIVIL

MATHEUS DALMEDICO FLORES

**COMPARAÇÃO DAS INCOMPATIBILIDADES DE UM PROJETO RESIDENCIAL
UNIFAMILIAR ELABORADO EM CAD 2D COM A SUA MODELAGEM EM BIM 3D**

Florianópolis

2017

MATHEUS DALMEDICO FLORES

**COMPARAÇÃO DAS INCOMPATIBILIDADES DE UM PROJETO RESIDENCIAL
UNIFAMILIAR ELABORADO EM CAD 2D COM A SUA MODELAGEM EM BIM 3D**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado à
Universidade Federal de Santa Catarina como
requisito parcial para obtenção do grau de
Bacharel em Engenharia Civil.
Orientadora: Prof. Dra. Fernanda Fernandes
Marchiori.

Florianópolis

2017

Ficha de identificação da obra elaborada pelo autor,
através do Programa de Geração Automática da Biblioteca Universitária da UFSC.

Flores, Matheus Dalmedico
COMPARAÇÃO DAS INCOMPATIBILIDADES DE UM PROJETO
RESIDENCIAL UNIFAMILIAR ELABORADO EM CAD 2D COM A SUA
MODELAGEM EM BIM 3D / Matheus Dalmedico Flores ;
orientadora, Fernanda Fernandes Marchiori, 2017.
99 p.

Trabalho de Conclusão de Curso (graduação) -
Universidade Federal de Santa Catarina, Centro Tecnológico,
Graduação em Engenharia Civil, Florianópolis, 2017.

Inclui referências.

1. Engenharia Civil. 2. BIM. 3. Modelagem. I.
Marchiori, Fernanda Fernandes. II. Universidade Federal de
Santa Catarina. Graduação em Engenharia Civil. III. Título.

MATHEUS DALMEDICO FLORES

**COMPARAÇÃO DAS INCOMPATIBILIDADES DE UM PROJETO RESIDENCIAL
UNIFAMILIAR ELABORADO EM CAD 2D COM A SUA MODELAGEM EM BIM 3D**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado à Universidade Federal de Santa Catarina como requisito parcial para obtenção do grau de Bacharel em Engenharia Civil.



Prof. Fernanda Fernandes Marchiori, Dra.
UFSC

Prof. Cristine do Nascimento Mutti, PhD.
UFSC

Arq. Eloisa Marcon Manenti
Examinadora

AGRADECIMENTOS

À Deus, toda honra e toda glória.

Aos meus pais, Rubens Augusto Flores e Sandra Regina Dalmedico Flores, meu porto seguro. Em mim, existe um pouco de vocês, e assim os levo para toda minha vida, em todas as minhas palavras e pensamentos, atos e sonhos. Tudo que fui, sou e serei eu devo aos dois. Muito obrigado! Eu amo vocês!

Ao meu irmão Thiago. Desde criança, vivemos histórias que hoje recordo com saudades. A distância que hoje nos separa apenas fortaleceu meu amor por você, irmão. Agradeço por todo o apoio que sempre me deu. Espero que saiba que sempre estarei aqui por você.

À minha cadelinha Dara. Às vezes pensamos que você é a que menos compreende o que se passa em casa, mas talvez você seja a que mais sabe!

À minha namorada Nathalia Damim. Muito obrigado por ouvir minhas reclamações e desabafos, sempre me passando muita confiança e conforto. Agradeço imensamente pela compreensão durante este trabalho, que por vezes exigiu meu tempo integral, mas que hoje se conclui. O caminho foi longo e árduo, mas em você encontrei paz e tranquilidade.

Aos meus colegas de apartamento Giliandro Farias e Marcelo Duarte Trevisani. Agradeço pela amizade de ambos e por todo o auxílio durante esse ano que, para mim, trouxe o desafio do TCC!

Aos meus amigos Claus Marcélio e Guilherme Santos por todas as risadas e conversas descontraídas entre aulas, trabalhos e provas.

Ao meu amigo e dupla Lucas Paloschi: impossível falar da minha graduação e não mencionar você! Muito obrigado por todos os dias de estudo, realização de trabalhos, açaís e festas. Acho que uma amizade como a nossa é algo diferenciado, e agradeço muito à engenharia civil por ter me dado um irmão.

À turma 2012.2. Às vezes paro e recordo de nosso primeiro semestre na faculdade; a velocidade com que o tempo passou foi tanta que por vezes parece que tudo se trata de um sonho. Guardo no coração momentos especiais que vivi com vocês e espero que o término da graduação não implique no término de nossa amizade: que possamos nos reunir e partilhar de boas risadas relembrando histórias que, no passado, pensávamos que não teriam fim.

Aos amigos que fiz no PET Engenharia Civil, Fractal Engenharia e RKS Engenharia de Estruturas. Muito obrigado por todos os ensinamentos que, sem dúvida alguma, complementaram minha formação como engenheiro civil.

Um agradecimento especial à professora Fernanda Fernandes Marchiori, por ter aceitado me orientar no presente trabalho. Todo conselho, consideração e crítica foram feitos com intuito de auxiliar na conformação final do trabalho e, sem eles, a jornada teria sido ainda mais difícil.

Ao engenheiro Mateus Volpato e ao Grupo Comcasa, pelo auxílio na modelagem e no fornecimento de materiais que complementaram a fundamentação teórica do trabalho.

E, por fim, agradeço a todos que estiveram comigo nessa jornada: se fosse citar um a um, os agradecimentos seriam maiores do que já estão! Gostaria de aqui destacar principalmente meus amigos Andre Dotti, Marina Siepmann e Paulo Pasqual. Muito obrigado!

*“Poderei fazer tudo com a ajuda de Cristo.
Ele me dará forças.” (Filipenses, 4:13)*

RESUMO

É de senso comum que a engenharia civil ainda é vista com muito empirismo; devido ao seu produto ser único e fruto de métodos ainda muito artesanais, erros em projetos, planejamento e orçamento são tidos como parte do processo construtivo, sendo engenheiros e arquitetos coniventes com a atual situação. Além do mais, a complexidade construtiva cada vez maior nas obras resulta em um grande número de profissionais, cada qual especializado na sua disciplina e que, na maioria das vezes, não se comunicam entre si, permitindo, assim, que incompatibilidades sejam cada vez mais possíveis de ocorrerem. Em meio a essa carência de alternativas que possam solucionar tais problemas, a tecnologia BIM surge como candidata a revolucionar a indústria da arquitetura, engenharia e construção. Unindo todas as partes integrantes do processo construtivo em um único modelo tridimensional, virtual e inteligente, o BIM permite a otimização tanto do projeto como de suas fases subsequentes. Assim sendo, o presente trabalho buscou apresentar um relato do emprego da tecnologia BIM na modelagem de uma residência unifamiliar previamente projetada em ferramentas de desenhos bidimensionais. Discorreu-se sobre as facilidades e dificuldades encontradas durante o processo de modelagem, elaborado de maneira a permitir a integração do modelo virtual com outros *softwares* que também empregam a tecnologia BIM, bem como se listou todas as incompatibilidades encontradas durante o processo, apresentando como as mesmas foram solucionadas.

Palavras-chave: BIM. Modelagem.

ABSTRACT

Civil engineering, in a common sense, is still seen as empirical; since its product is unique and produced with methods that can be considered artisanal, inaccuracies in projects, planning and budget are seen as part of the constructive process, along with engineers and architects who connive with the present situation. Furthermore, the increasing complexity in building results in a great number of professionals, each one specialized in one subject and that, in most cases, do not communicate with each other, allowing incompatibilities to be more susceptible. Among the lack of alternatives that could solve these problems, BIM's technology arises as a candidate to revolutionize the architecture, engineering and construction's industry. Combining all the parts of the constructive process in a single tridimensional, virtual and intelligent model, BIM allows the optimization of the project and of its subsequent stages. Therefore, the following paper aims to report the use of BIM's technology in the modeling of a single-family house, previously projected in a two-dimensional design tool. In addition, the facilities and difficulties found during the modeling process – which was elaborated aiming to allow the integration of the virtual model with other softwares that use BIM's technology – were discussed, along with the listing of all incompatibilities found in the process, which are shown how to be solved.

Key words: BIM. Modeling.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 - Aumento do custo do empreendimento com o avanço das etapas construtivas.	23
Figura 2 - Potencial de influência no custo do empreendimento x tempo.	23
Figura 3 - Arranjo tradicional das equipes de projeto.	27
Figura 4 - Proposta atual de arranjo das equipes de projeto.	28
Figura 5 - Arranjo das equipes de projeto aliado à plataforma BIM.	30
Figura 6 - Estágios de maturidade na implantação da tecnologia BIM.	33
Figura 7 - Abrangência da tecnologia BIM.	34
Figura 8 - Dimensões da tecnologia BIM.	34
Figura 9 - Projeto arquitetônico, estrutural e hidrossanitário do empreendimento, respectivamente.	40
Figura 10 - Fachada do <i>Aquarium Hilton Garden Inn</i>	41
Figura 11 - Foto do <i>The Mansion on Peachtree</i>	42
Figura 12 - Estudo sobre alternativas de revestimento e influência da luz solar.	43
Figura 13 - Prédio de psicologia da Universidade de Emory.	43
Figura 14 - Tempo de utilização do BIM (em anos).	44
Figura 15 - Nível de utilização do BIM.	45
Figura 16 - Implementação do BIM em nível Alto/Muito Alto.	46
Figura 17 - Retorno sobre investimento positivo.	47
Figura 18 - Importância de investimento em todas as categorias BIM para os próximos dois anos em nível Alto ou Muito Alto.	48
Figura 19 - Fluxograma de trabalho.	49
Figura 20 - Concepção inicial do empreendimento (fachada principal) – elaborado pelo engenheiro em Sketchup.	51
Figura 21 - Concepção inicial do empreendimento (fundos) – elaborado pelo engenheiro em Sketchup.	52
Figura 22 - Planta baixa da garagem – elaborado pelo engenheiro em CAD.	53
Figura 23 - Planta baixa do pavimento inferior – elaborado pelo engenheiro em CAD.	54
Figura 24 - Planta baixa do pavimento superior – elaborado pelo engenheiro em CAD.	55
Figura 25 - Planta de locação das sapatas e pilares colarinhos – elaborado pelo engenheiro em CAD.	56
Figura 26 - Modelagem das sapatas e pilares colarinhos no software Autodesk Revit.	58
Figura 27 - Planta de formas das vigas baldrame – elaborado pelo engenheiro em CAD.	59
Figura 28 - Modelagem das vigas baldrame no software Autodesk Revit.	60
Figura 29 - Planta de formas do pavimento inferior – elaborado pelo engenheiro em CAD.	61
Figura 30 - Planta de formas do pavimento superior – elaborado pelo engenheiro em CAD.	62
Figura 31 - Planta de formas do pavimento cobertura – elaborado pelo engenheiro em CAD.	63
Figura 32 - Conclusão da modelagem referente à estrutura da obra.	68
Figura 33 - Exemplo de alvenaria composta por várias camadas.	69

Figura 34 - Exemplo de erro ao se modelar paredes em camada única (osso+revestimento).....	70
Figura 35 - Modelagem das alvenarias no software Autodesk Revit.....	71
Figura 36 - Inserção de portas, janelas e portões.	73
Figura 37 - Detalhamento de uma alvenaria com seus revestimentos.	75
Figura 38 - Detalhamento de uma alvenaria de área molhada com seus revestimentos.	76
Figura 39 - Detalhamento do revestimento dos pisos.	77
Figura 40 - Modelagem dos forros.	78
Figura 41 - Emprego da função “Forro” para vigas e tetos externos.	78
Figura 42 - Escada moldada no local.	79
Figura 43 - Colocação das treliças e terças.	80
Figura 44 - Modelagem do telhado.....	80
Figura 45 - Churrasqueira acrescentada à garagem.....	81
Figura 46 - Guarda copo e, ao fundo, rodapé de lâmina e madeira.	82
Figura 47 - Colocação de soleiras nas portas.	82
Figura 48 - Relatório de interferência mostrando parede e viga ocupando o mesmo espaço.....	83
Figura 49 - Modelagem estrutural da obra.	85
Figura 50 - Término do processo de modelagem.....	86
Figura 51 - Porcentagem referente a cada categoria de compatibilização.....	91

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 – Problemática de prazos e custos na engenharia civil brasileira	16
Quadro 2 – Diferentes concepções de elaboração de um projeto.....	25

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Ranking da utilização do BIM por frequência e benefícios	38
Tabela 2 – Estatísticas do empreendedor	52
Tabela 3 – Caracterização das sapatas e pilares colarinhos	57
Tabela 4 – Caracterização das vigas baldrame	60
Tabela 5 – Vigas e lajes referentes ao pavimento inferior	64
Tabela 6 – Vigas e lajes referentes ao pavimento superior	65
Tabela 7 – Vigas e lajes referentes à cobertura	66
Tabela 8 – Descrição das portas por pavimento	72
Tabela 9 – Descrição das janelas por pavimento	72
Tabela 10 – Revestimentos empregados no lado externo da obra	74
Tabela 11 – Revestimentos empregados no lado interno da obra	74
Tabela 12 – Revestimentos empregados no lado interno da obra, em áreas molhadas	75
Tabela 13 – Revestimentos empregados nos pisos das áreas secas	76
Tabela 14 – Revestimentos empregados nos pisos das áreas molhadas	77
Tabela 15 – Compatibilizações feitas entre projetos	88

LISTA DE ABREVIações

AEC - Arquitetura, Engenharia e Construção
AIA - *American Institute of Architects*
BIM - *Building Information Modeling*
CAD - *Computer Aided Design*
CAGED - Cadastro Geral de Empregados e Desempregados
C, T&I - Ciência, Tecnologia e Inovação
LEED - *Leadership in Energy and Environmental Design*
LOD - *Level of Development*
NBIMS - *National Building Information Model Standard*
NBR - Norma Brasileira
NIST - *National Institute of Standards and Technology*
P&D - Pesquisa e Desenvolvimento
PMI - *Project Management Institute*
TI - Tecnologia da Informação

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	15
1.1 JUSTIFICATIVA	15
1.2 OBJETIVOS	18
1.2.1 Objetivo Geral	18
1.2.2 Objetivo Específico	18
1.3 DELIMITAÇÃO DO ESCOPO DO TRABALHO	19
1.4 METODOLOGIA APLICADA	19
1.5 ESTRUTURAÇÃO DO TRABALHO	19
2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	21
2.1 PROJETO	21
2.1.1 O conceito de projeto	21
2.1.2 A importância do projeto	22
2.1.3 Etapas do processo de projeto	25
2.1.4 Coordenador de projetos	26
2.2 BIM – BUILDING INFORMATION MODELING	30
2.2.1 Definição	30
2.2.2 O que não é BIM	31
2.2.3 Maturidade no uso do BIM	32
2.2.4 Dimensões do BIM	34
2.2.5 Usos e benefícios do BIM	36
2.2.5.1 Estudo de caso sobre os benefícios do BIM	40
2.2.6 Cenário de utilização do BIM	44
3 METODOLOGIA	49
3.1 FLUXOGRAMA DE TRABALHO	49
3.2 SOFTWARES UTILIZADOS	50
3.2.1 AutoDesk AutoCad 2017	50
3.2.2 AutoDesk Revit 2016	50
3.3 CARACTERIZAÇÃO DA OBRA	51
3.4 MODELAGEM DA OBRA	55
3.4.1 Modelagem da Estrutura	55
3.4.1.1 Infraestrutura – Sapatas, pilares colarinhos e viga baldrame	55
3.4.1.2 Supraestrutura – Pilares, vigas e lajes	61

3.4.1.2.1 Comparativo entre a modelagem e os projetos bidimensionais	66
3.4.2 Modelagem da alvenaria	68
3.4.3 Modelagem das esquadrias – portas, janelas e portões.....	71
3.4.4 Modelagem dos revestimentos de paredes e pisos	73
3.4.5 Modelagem dos forros	77
3.4.6 Modelagem da escada	79
3.4.7 Modelagem da cobertura	79
3.4.8 Acessórios	81
3.5 COMPATIBILIZAÇÃO ENTRE DISCIPLINAS	83
4 ANÁLISE DOS RESULTADOS	84
4.1 MODELAGEM DA OBRA	84
4.1.1 Modelagem estrutural	84
4.1.2 Modelagem arquitetônica	85
4.2 PROCESSO DE COMPATIBILIZAÇÃO	87
5 CONSIDERAÇÕES FINAIS	92
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	94

1 INTRODUÇÃO

1.1 JUSTIFICATIVA

Em uma época de avanços tecnológicos e produção em massa, a indústria brasileira de construção civil parece estagnada e, em determinados momentos, retrógrada. Isso se deve, em partes, ao cenário político-econômico pelo qual o país está passando: a operação Lava Jato, embora importante, contribuiu para a redução dos investimentos em construção e uma desaceleração do mercado de trabalho. Segundo o CAGED (Cadastro Geral de Empregados e Desempregados), desde 2014, o número de profissionais de engenharia demitidos é maior do que o de contratados; em 2016, o saldo de vagas apresentou queda de 20,7 mil.

Segundo Cardoso (2009)¹ há uma falta de incentivo por parte do próprio governo brasileiro para que o setor construtivo invista mais em tecnologia, desenvolvimento, pesquisa e inovação.

Não se trata de afirmar que não houve avanço algum da indústria de AEC (Arquitetura, Engenharia e Construção), mas sim de questionar a disseminação de tais conquistas. Ainda segundo Cardoso (2009), a grande maioria das empresas do setor construtivo são micro ou pequenas empresas que, por sua vez, executam serviços específicos nas obras em que atuam; ou seja, há a utilização de tecnologia, porém empregada de forma isolada.

A grande maioria não tem um sistema gerencial, quanto mais pensar numa integração gerencial. Muito poucas se comunicam com clientes e fornecedores via TI (Tecnologia da Informação). Faltam-lhes gestão, faltam-lhes capacitação, faltam-lhes diversos recursos. As tecnologias existem, mas ainda não foram incorporadas pelas empresas por esse Brasil afora. (CARDOSO, 2009).

O setor de materiais de construção é o que mais se destaca em Pesquisa e Desenvolvimento (P&D) na indústria da construção civil, mas é necessário que os outros agentes da cadeia construtiva acompanhem esse progresso. Cardoso (2009) afirma que, para as autoridades brasileiras, o setor da construção civil parece diferir dos demais, como o automobilístico e o de energia, por exemplo, setores sempre

¹Ex-presidente da Associação Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído (Antac) e professor da Escola Politécnica da Universidade de São Paulo (Poli-USP) em entrevista a Altair Santos.

lembrados quando se refere à desenvolvimento tecnológico e à necessidade de investimentos em P&D.

Para estes, certamente acham que governos e empresas devem investir firme em P&D. Já na construção, ora a construção, pensam que é bom fazermos o que sempre fizemos, ou seja, acham que as inovações vêm da prática, do empirismo. Não percebem que precisa haver investimento em P&D, assim como uma política de Ciência, Tecnologia e Inovação (C, T&I) para o setor. (CARDOSO, 2009).

Não havendo uma política de C, T&I, os agentes dos setores da construção civil não percebem a importância dos investimentos em P&D, que já são pequenos ao se comparar com a importância econômica e social do setor para o país. Assim, setores que já compreenderam essa dinâmica lutam por parcelas maiores de recursos do que sua real importância social e econômica lhes destinaria.

Devido a esse empirismo que assola grande parte da engenharia civil, erros em projetos, no planejamento e no orçamento das obras se tornaram corriqueiros. Apesar desta indústria ter características que a tornem mais incerta que as demais como, por exemplo, o fato de os seus produtos serem únicos, a sua fábrica (canteiro de obras) mudar várias vezes de conformação durante a produção do produto e ter por base atividades ainda muito artesanais, os engenheiros devem se munir de ferramentas para reduzir estas variabilidades e mitigar a falta de qualidade do produto final, atrasos e erros de orçamento.

Um estudo anual feito pelo *Project Management Institute* (PMI) revela a situação da construção civil com relação a prazos e custos. De maneira geral, cerca de 25% costumam ter problemas de prazos nos projetos, enquanto 71% relatam possuir problemas de custos. O Quadro 1, elaborado a partir do estudo, denota o problema de maneira mais específica.

Quadro 1 - Problemática de prazos e custos na engenharia civil brasileira.

	Problemas de prazos	Problema de custos
Em todos os projetos	14%	8%
Na maioria dos projetos	40%	39%

Fonte: Elaborado pelo autor, baseado no PMI (2017).

Germano (2014)² afirma que, atualmente, a maioria dos gestores não entende que a condução de um determinado projeto pode ser feita de uma maneira mais bem estruturada, baseando-se em boas práticas internacionais e seguindo uma metodologia recomendada que aumenta a qualidade dos empreendimentos. Entretanto, essa mudança não acontecerá naturalmente.

É preciso buscar uma abordagem de trabalho mais adequada. Para isso, existe um novo conjunto de conhecimentos que pode ser aplicado a projetos e que deve ser apropriado pelos gestores. Não se pode mais trabalhar como antigamente. Hoje, os ambientes são muito mais complexos, sujeitos a mudanças e é preciso fazer muito mais com menos. (GERMANO, 2014).

Essa mudança deve ser buscada inicialmente na hora de se projetar um novo empreendimento. Com o tempo, as obras foram aumentando cada vez mais seu grau de complexidade, necessitando assim de um detalhamento cada vez maior, o que tornou as ferramentas CAD (*Computer Aided Design*) limitadas. Caso o projeto não consiga representar a real ideia que os projetistas gostariam de passar, haverá retrabalho que, por sua vez, significa desperdício de mão-de-obra e materiais; em outras palavras, há o comprometimento do planejamento e da orçamentação da obra. Além disso, quanto mais preciso o projeto, menos decisões terão de ser tomadas no próprio canteiro de obras.

A complexidade presente em grande parte das obras nos dias de hoje resulta na divisão das várias disciplinas da engenharia civil em diferentes profissionais, cada um especializado no seu trabalho. Essa divisão e falta de comunicação, por sua vez, geram incompatibilidades entre diferentes projetos. Muitas vezes há o conflito entre o estrutural e o arquitetônico de uma obra, ou entre o estrutural e o hidrossanitário, por exemplo. De acordo com o Comitê de Projeto do *National Building Information Model Standard* (NBIMS-US), as construções custam mais do que deviam para serem projetadas, construídas e sustentadas, tomando também um tempo muito maior para serem entregues. Deve haver um trabalho mais colaborativo entre os vários participantes envolvidos no processo construtivo.

Um estudo feito nos Estados Unidos pela *National Institute of Standards and Technology* (NIST, 2004) afirma que “a falta de interoperabilidade gera aos proprietários um custo adicional acumulado de 15,8 bilhões de dólares a cada ano”.

²Diretor da Portfolio Gestão e Capacitação e professor do curso de pós-graduação em Gestão de Projetos da Universidade Estadual do Ceará em entrevista à Redação AECweb/e-Construmarket.

Buscando sanar esse problema, surge a tecnologia BIM (*Building Information Modeling* – Modelagem de Informações da Construção). Segundo Eastman et al (2011)

Com a tecnologia BIM, é possível criar digitalmente um ou mais modelos virtuais precisos de uma construção. Eles oferecem suporte ao projeto ao longo de suas fases, permitindo melhor análise e controle do que os processos manuais. Quando concluídos, esses modelos gerados por computador contêm geometria e dados precisos necessários para o apoio às atividades de construção, fabricação e aquisição por meio das quais a construção é realizada.

Desta forma, pretende-se com este TCC empregar a tecnologia BIM na modelagem de uma residência unifamiliar projetada inicialmente através de ferramentas CAD.

1.2 OBJETIVOS

1.2.1 Objetivo Geral

Comparar as incompatibilidades de um projeto residencial unifamiliar elaborado em CAD 2D com a sua modelagem em BIM 3D.

1.2.2 Objetivos Específicos

- Obter projetos que tivessem sido projetados previamente em CAD (2D);
- Encontrar incompatibilidades entre as diferentes disciplinas e propor soluções;
- Testar o método de camadas para a modelagem dos revestimentos internos e externos;
- Relatar facilidades e dificuldades encontradas durante a utilização do *software* Autodesk Revit.

1.3 DELIMITAÇÕES DO ESCOPO DO TRABALHO

Por se tratar do primeiro contato do graduando com o *software* Autodesk Revit, a modelagem tomou um tempo maior que o esperado e, por esse motivo, decidiu-se por não modelar o projeto hidrossanitário da residência, pois o mesmo necessitaria do aprendizado também do Autodesk Revit MEP (mecânica, elétrica e hidráulica).

A disciplina de projeto elétrico também não foi executada pois há relatos de dificuldades em encontrar famílias a serem empregadas na modelagem, o que resultaria em ter de criar as mesmas, atrasando o início da modelagem da obra propriamente dita.

1.4 METODOLOGIA APLICADA

Com o intuito de se alcançar os objetivos estabelecidos, inicialmente se executou uma modelagem tridimensional da residência paralela à compatibilização dos projetos estruturais e arquitetônicos. Para a modelagem dos revestimentos, optou-se por utilizar o método de camadas que, além de gerar um quantitativo mais preciso da obra, permite a utilização do arquivo para um futuro planejamento utilizando a ferramenta Autodesk Navisworks, também integrante da plataforma BIM.

A segunda etapa consistiu em uma revisão bibliográfica onde se buscou trabalhos de conclusão de curso, teses, artigos e entrevistas que proporcionaram ao graduando embasamento para a fundamentação teórica do presente trabalho.

1.5 ESTRUTURAÇÃO DO TRABALHO

Este trabalho se apresenta dividido em 5 capítulos, sendo o primeiro uma introdução ao tema e uma justificativa da escolha do mesmo. Cita-se os objetivos, as delimitações, a metodologia e como o trabalho está estruturado.

No capítulo 2 é apresentada uma revisão bibliográfica que foi dividida em duas partes: na primeira, é tratado sobre a importância de um bom projeto na engenharia civil e arquitetura; na segunda parte, trata-se sobre o conceito da plataforma BIM.

No capítulo 3 é explicada a metodologia completa do trabalho, relatando-se a experiência com a utilização da plataforma BIM através da modelagem de uma residência unifamiliar pelo *software* Autodesk Revit.

No capítulo 4, encontrar-se-á a análise dos resultados e as facilidades e dificuldades apresentadas no uso do programa bem como as incompatibilidades detectadas entre os projetos estruturais e arquitetônicos.

Por fim, as considerações finais são apresentadas no capítulo 5.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 PROJETO

2.1.1 O conceito de projeto

Vários autores buscaram diferentes maneiras de conceituar o termo “projeto” dentro da engenharia civil e arquitetura. Essa busca por definições cada vez mais precisas reflete a importância da etapa construtiva no resultado final do empreendimento. Abaixo, lista-se algumas dessas definições.

a) “... é a descrição gráfica e escrita das características de um serviço ou obra de Engenharia ou de Arquitetura, definindo seus atributos técnicos, econômicos, financeiros e legais.” (NBR 5670:2012);

b) “... atividade ou serviço integrante do processo de construção, responsável pelo desenvolvimento, organização, registro e transmissão das características físicas e tecnológicas especificadas para uma obra, a serem consideradas na fase de execução.” (MELHADO, 1994);

c) “... envolve todas as decisões e formulações que visam subsidiar a criação e a produção de um empreendimento, indo da montagem da operação imobiliária, passando pela formulação do programa de necessidades e do projeto do produto até o desenvolvimento da produção, o projeto “*as built*” e a avaliação da satisfação dos usuários com o produto.” (FABRÍCIO, 2002).

Apesar dessas e de muitas outras definições técnicas, ressalta-se que, antes de mais nada, a ideia de um projeto possui um aspecto humano. Mais do que uma disciplina da engenharia civil e arquitetura, é durante a etapa de projeto que o cliente expressará seus desejos com relação ao que ele imagina do empreendimento, cabendo ao engenheiro civil e ao arquiteto transformarem o abstrato em concreto.

A projeção é um processo onde as naturezas cognitivas e criativas convergem de maneira singular. O ato de projetar é por essência uma criação através do domínio do conhecimento específico de uma área do saber – um dar forma a uma matéria específica. Em arquitetura, esse conhecimento é multidisciplinar e até subjetivo, o que torna a relação entre criação e cognição algo ainda mais evidenciado. (REGO, 2001).

2.1.2 A importância do projeto

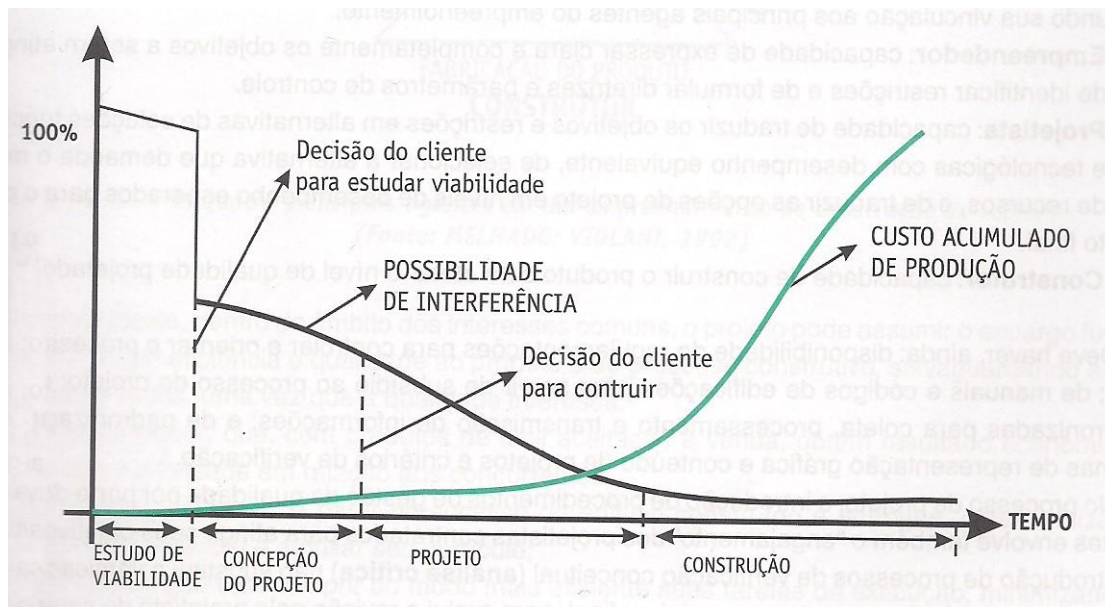
Segundo Melhado (2001), o projeto repercute demasiadamente nos custos e na qualidade dos empreendimentos; assim, a qualidade do projeto é vital para a qualidade do empreendimento. Logo, a arte de projetar se relaciona tão intimamente com o produto final que foge apenas do aspecto visual para agregar positivamente nas demais etapas construtivas posteriores, como planejamento, orçamentação, execução e até mesmo uso e desempenho depois de finalizada a obra.

Como a engenharia civil não é uma indústria de produção em massa, visto que todo produto é único, trabalha-se com um grau de incerteza maior que as demais indústrias. Por esse motivo, a porcentagem que o custo da etapa de projeto representa no valor final da obra é bastante variável, pois depende do empreendimento e até do projetista responsável. Assim, torna-se mais fácil a visualização da importância de um bom projeto em ocasiões onde se tratou essa etapa com descaso.

Estudos feitos para se detectarem as causas de patologias em edificações comprovam a importância da etapa de projeto. Segundo Calavera (1991), 42% das patologias encontradas em países europeus são provenientes de falhas encontradas nos projetos; de acordo com Motteu & Cnudde (1989 apud FRANCO e AGOPYAN, 1994), esse número chega a 80% das causas de falta de qualidade em obras. No Brasil, segundo Abrantes (1995 apud TAVARES JÚNIOR, 2001), 60% de patológicos na construção civil tem como causa a etapa de projetos.

Uma outra abordagem interessante pode ser vista através da Figura 1. Melhado et al (2005) relacionaram a possibilidade de interferência com o aumento do custo acumulado. Percebe-se claramente que durante as etapas de estudo de viabilidade, concepção do projeto e projeto propriamente dito há a possibilidade do cliente interferir para contribuir na conformação final do produto sem um aumento drástico do custo. Após isso, toda e qualquer interferência aumentará o custo final do empreendimento consideravelmente. Assim, pode-se afirmar que é mais válido despendar uma maior quantidade de tempo e dinheiro durante as etapas preliminares à construção do que realizar alterações durante a execução.

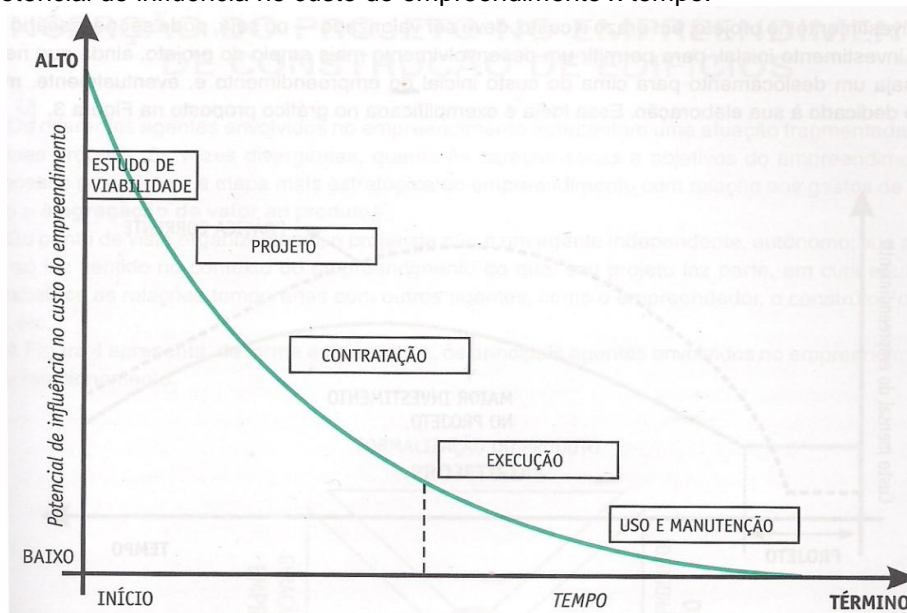
Figura 1 - Aumento do custo do empreendimento com o avanço das etapas construtivas.



Fonte: Melhado, 2005.

A Figura 2 complementa o argumento. Como no projeto se possui capacidade de antecipar e solucionar pontos críticos, é nessa etapa que se possui a maior potencialidade para influenciar a qualidade e o custo do resultado final. Dessa maneira, o custo para se fazer um bom projeto é mínimo ao se comparar aos custos provenientes de modificações feitas em qualquer uma das etapas posteriores.

Figura 2 - Potencial de influência no custo do empreendimento x tempo.



Fonte: Melhado, 2005.

Isso se deve ao fato de que, muitas vezes, os clientes possuem ideias “inconclusivas, ambiciosas demais, conflitantes e mutuamente excludentes”. (ÁVILA, 2011). Fabrício (2002) afirma que uma das principais dificuldades é identificar os mercados e compreender as demandas dos clientes. Ou seja, caso inicialmente a concepção da obra não esteja em perfeito acordo entre cliente e engenheiro, alterações, conforme avanço da execução, se farão necessárias.

Infelizmente, na maioria das vezes a etapa de concepção e projeto é vista como uma despesa a ser evitada ou minimizada o máximo possível. Entretanto, segundo Melhado (1994), quando a atividade de projeto é pouco valorizada, os projetos são entregues à obra repletos de erros e de lacunas, levando a grandes perdas de eficiência nas atividades de execução, bem como ao prejuízo de determinadas características do produto que foram idealizadas antes de sua execução.

O projeto não pode ser compreendido apenas como ele é visto pela arquitetura ou especialidades da engenharia, mas sim como uma atividade multidisciplinar, envolvendo desde análises de marketing, análise de custos, até decisões acerca da tecnologia e do processo de produção. (MELHADO, 1995).

“Enfocando a qualidade e efetivo sucesso nas obras, observa-se o crescimento na quantidade de projetos das especialidades e especialistas”. (NASCIMENTO, 2014). Com isso, a arte de projetar possui uma nova faceta: não basta um projeto sem imperfeições se o mesmo não se adequar aos projetos das demais disciplinas.

Compõem esse processo os projetos de arquitetura, estrutura, instalações hidráulicas, elétricas, telefonia, incêndio, ar condicionado, lógica, impermeabilização, alvenarias, fachadas, caixilharia, paisagismo, comunicação visual, decoração de interiores, entre outros, de acordo com a necessidade do empreendimento e as exigências do empreendedor destacando-se que esse processo se inicia no promotor do empreendimento. (ADESSE, s.d., p.2).

Ressalta-se o surgimento de “empreendimentos multidisciplinares e complexos com muitas informações, decisões, escolhas, tecnologias, prazos, custos, pessoas e procedimentos”. (NASCIMENTO, 2014). Segundo o autor, evidencia-se a necessidade de coordenação e integração entre todos.

2.1.3 Etapas do processo de projetos

A projeção é, caracteristicamente, um processo social. Na maioria dos projetos existem muitos tipos diferentes de participantes: arquitetos, engenheiros, construtores, representantes de clientes e interesse de grupos, legisladores, desenvolvedores, que devem comunicar-se entre si para concluir o projeto. Esses indivíduos em seus diferentes papéis tendem a perseguir interesses diferentes, ver coisas de modos diferentes, e até falar diferentes linguagens. (SCHON, 1988, apud REGO, 2001).

Essa pluralidade de agentes envolvidos no processo de projeção se evidencia nas definições das diferentes etapas para elaboração de um projeto (vide Quadro 2).

Quadro 2 - Diferentes concepções de elaboração de um projeto.

NBR 13531 (1999)	Melhado et al (2005)	Tzortzopoulos (1999)	Rodríguez e Heineck (2002)
Levantamento	Idealização	Planejamento e concepção do empreendimento	Planejamento e concepção do empreendimento
Programa de necessidades			
Estudos de viabilidade			
Estudo preliminar	Estudo preliminar	Estudo preliminar	Estudo preliminar
Anteprojeto	Anteprojeto	Anteprojeto	Anteprojeto
Projeto legal	Projeto legal	Projeto legal	Projeto legal
Projeto para execução	Projeto para produção	Projeto executivo	Projeto executivo
Acompanhamento de obra	Acompanhamento do planejamento e execução	Acompanhamento de obra	Acompanhamento de execução e uso

Fonte: Volpato, 2015.

Percebe-se que não há um padrão: cada autor define as etapas de projeção de maneira que, segundo o mesmo, é a mais correta. Não havendo uma padronização, os próprios agentes do processo construtivo tomam as decisões no decorrer das etapas de projeção. Deve-se considerar, contudo, que os agentes são especialistas no desenvolvimento de atividades específicas; apesar de possuírem conhecimentos das demais etapas, sua percepção é distinta e nem sempre a mais coerente.

Segundo Tzortzopoulos (1999)

Quando o conceito do projeto, os critérios estabelecidos e a tecnologia a ser utilizada não são bem definidos no início do processo podem ocorrer falhas, pois cada projetista pode assumir uma postura diferenciada em relação ao projeto a ser desenvolvido no que diz respeito aos benefícios advindos da tecnologia utilizada ou do conceito utilizado no projeto.

Ainda segundo Tzortzopoulos (1999)

As diferentes abordagens para a resolução de problemas adotadas por diferentes projetistas algumas vezes podem prejudicar o andamento do trabalho. Cada projetista aborda um tema específico do projeto e, muitas vezes não considera de forma adequada as necessidades e restrições impostas pelos demais intervenientes do processo. Isto pode gerar esperas e retrabalho ao longo do mesmo ou, o que é mais usual e mais custoso, ao longo da execução da obra. A falta de um planejamento claro das atividades a serem desenvolvidas por cada interveniente também contribui com estes problemas.

Independentemente das diferentes conceituações sobre as diversas etapas de projeção, Melhado et al (2005) sintetizaram o aspecto comum de todas. Segundo eles, o processo parte de etapas gerais para o particular, onde a liberdade de decisão entre alternativas é gradualmente substituída pelo detalhamento das soluções adotadas.

Koskela (1992, apud TZORTZOPOULOS, 1999) sugere a busca de um processo melhorado de projeto, caracterizado por uma análise de requisitos rigorosa e que incorpore as dificuldades encontradas em todas as etapas de projeção, mantendo um rígido controle sobre modificações até o fim do processo construtivo. Dessa maneira, pode-se afirmar que o tempo gasto em um projeto diminuirá, bem como a demanda de modificações quando a obra já se encontra em execução o que, por consequência, economiza em matéria-prima e mão de obra ao evitar retrabalhos.

2.1.4 Coordenador de projetos

Na atual realidade de mercado da construção de edificações no Brasil é comum a atuação de diversos profissionais de empresas distintas no processo de elaboração de projetos. Esse número de profissionais vem crescendo em todo o processo de construção, no projeto e na obra, em consequência do aumento da complexidade dos projetos, do aumento da quantidade de novos materiais, tecnologias e da quantidade de serviços que antes não existiam, além da própria terceirização dos serviços durante a etapa da obra, que são decorrentes da nova concepção da obra como um “processo de montagem”. A colaboração de diferentes profissionais é fundamental para o sucesso do projeto final, porém traz consigo diversas dificuldades relativas à coordenação dos projetos e dos projetistas. (NÓBREGA JUNIOR, C. L.; MELHADO, S. B., 2013).

Em meio a esse contexto de uma grande multidisciplinaridade de projetos e falta de padronização das etapas que os compõem, ganha destaque a figura do

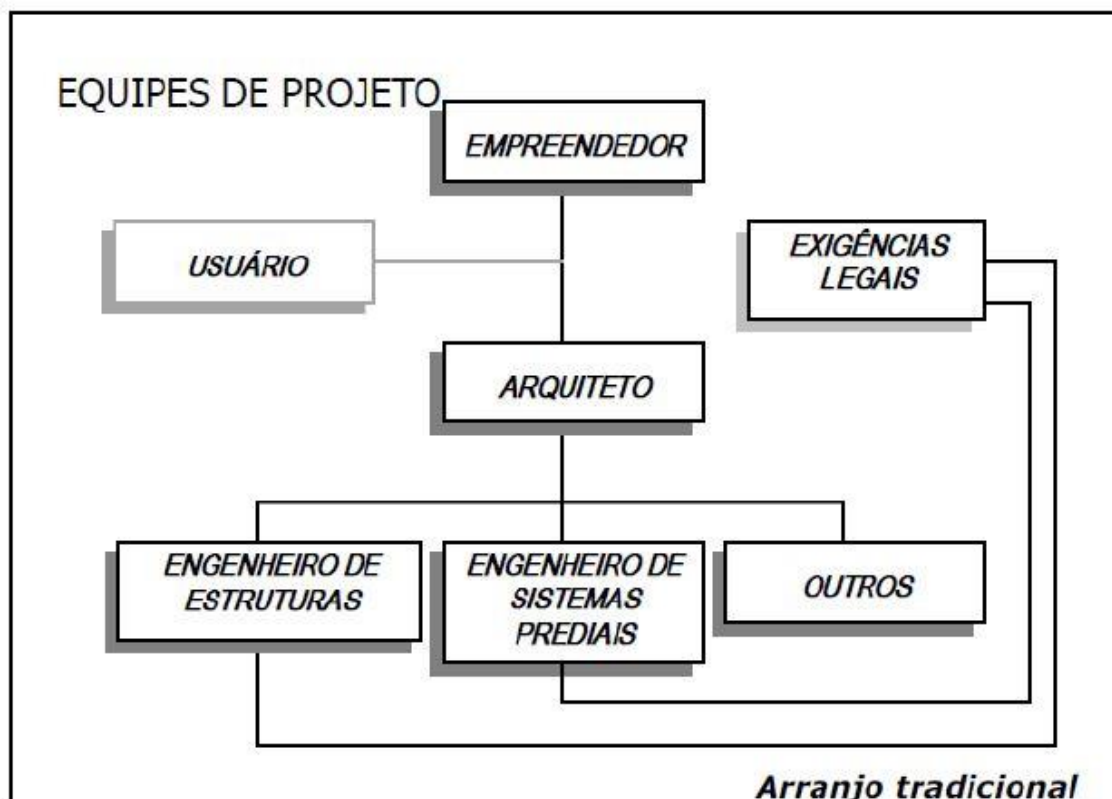
coordenador de projetos, pessoa responsável por organizar e facilitar a comunicação entre cliente, construtor e projetistas.

Segundo Melhado et al (2005)

A coordenação de projetos compreende o conjunto de ações envolvidas no planejamento, organização, direção e controle do processo de projeto, o que envolve tarefas de natureza estratégica, tais como estudos de demanda ou de mercado, prospecção de terrenos, captação de investimentos ou de fontes de financiamento da produção, definição de características do produto a ser construído, além de tarefas ligadas diretamente à formação das equipes de projeto em cada empreendimento, como contratação de projetistas, estabelecimento de prazos para etapas de projeto e coordenação da interface com os clientes ou compradores.

A implementação de um coordenador de projetos se deve principalmente pela mudança no arranjo das equipes de projeto. Tradicionalmente, como apresentado na Figura 3, dividia-se as responsabilidades entre diversos projetistas especialistas em uma pequena parcela do todo e cujas tomadas de decisões poderiam interferir nas definições feitas pelo projetista de uma outra disciplina.

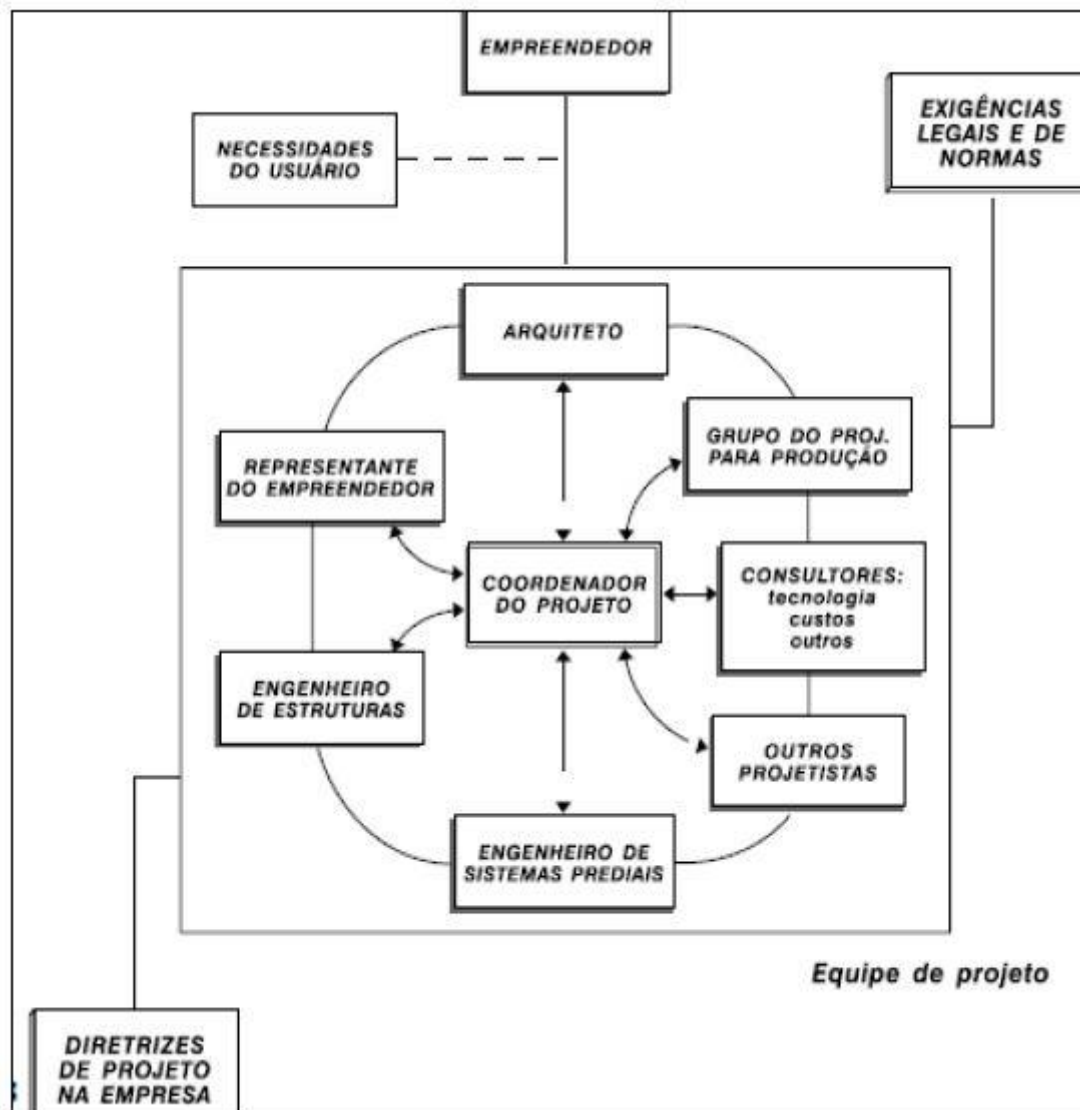
Figura 3 - Arranjo tradicional das equipes de projeto.



Fonte: Melhado, 2005.

Atualmente, a função de coordenador de projeto surge para rearranjar as equipes de projeto (vide Figura 4). “De formação generalista, ele lida com equipes multidisciplinares e tem a responsabilidade de garantir a compatibilização dos projetos, organizando as demandas de diversos profissionais e empresas envolvidos na realização da obra”. (GEROLLA, 2012).

Figura 4 - Proposta atual de arranjo das equipes de projeto.



Fonte: Melhado, 2005.

Observa-se a abrangência de conhecimentos e habilidades necessárias para um coordenador de projeto. Contudo, o mesmo não pode ser visto como uma figura autoritária e inflexível no desempenho de sua função: o profissional fornece as diretrizes que, por sua vez, são discutidas pelos projetistas dentro de suas especialidades.

Nóbrega Junior e Melhado (2013) afirmam

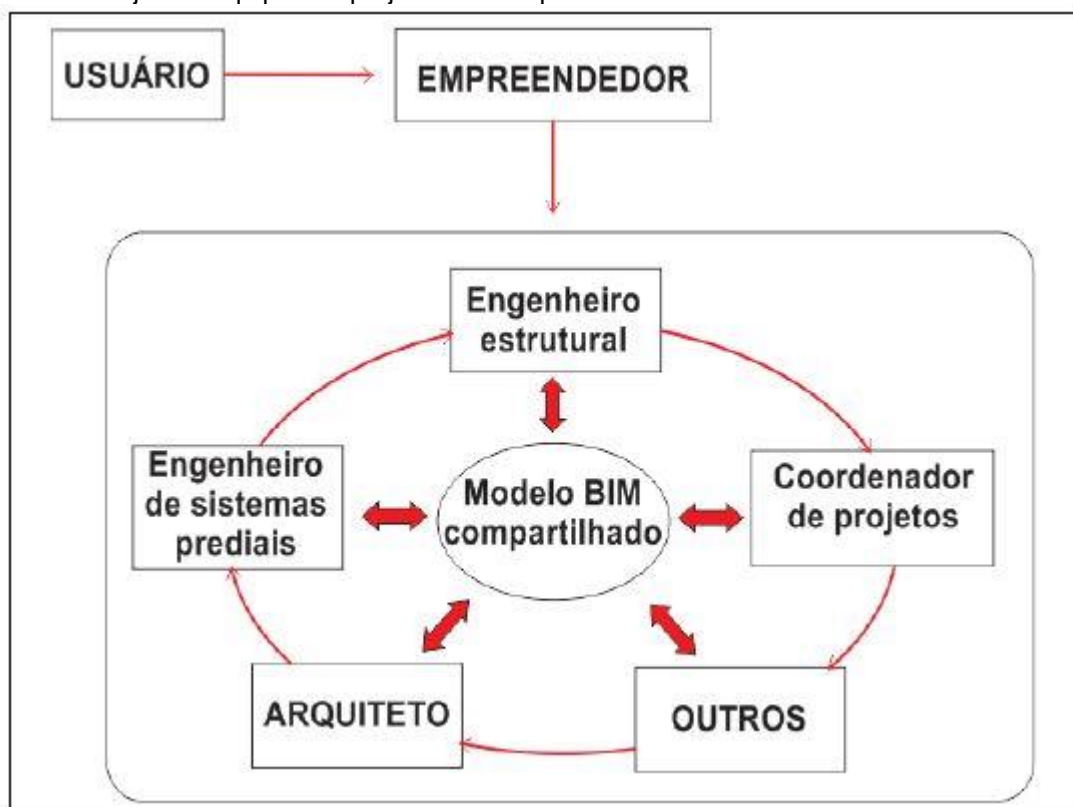
Outro problema em relação ao coordenador de projetos é que ainda não foi estabelecido consensualmente entre as empresas quais as atividades e qual a autonomia desse profissional, de forma que sua atuação ainda diverge muito de organização para organização, seja ela um escritório de projeto autônomo ou uma empresa construtora. Essa divergência ocorre também de região para região, variando a atuação do coordenador desde o sentido mais amplo do serviço prestado até a simples compatibilização de projetos.

Silva e Novaes (2008, apud NÓBREGA JUNIOR E MELHADO, 2013), complementam esse pensamento, segundo eles, “os coordenadores enfrentam a desinformação de alguns segmentos do setor de edificações quanto à sua real necessidade ou verdadeira função”.

Mesmo com uma falta de clareza sobre seu leque de funções, o coordenador de projetos atualmente pode aliar seus conhecimentos a tecnologias para facilitar e potencializar seu trabalho. Trata-se da tecnologia BIM que, segundo Prates (2010), está proporcionando uma nova etapa de desenvolvimento no setor da construção civil.

O BIM possibilita a interação de vários programas e proporciona ainda o desenvolvimento simultâneo de etapas que até então eram desenvolvidas em sequência. Assim, a recente inserção de ferramentas BIM tende a facilitar o desenvolvimento de projetos e sua coordenação, mas ainda demanda maior capacitação dos profissionais e novos métodos de gestão do processo de projeto. (NÓBREGA JUNIOR, C. L.; MELHADO, S. B., 2013).

Figura 5 - Arranjo das equipes de projeto aliado à plataforma BIM.



Fonte: Costa, 2013.

2.2 BIM – BUILDING INFORMATION MODELING

2.2.1 Definição

“A falta de qualidade dos projetos tem sido apontada como uma das principais barreiras para o avanço tecnológico e organizacional da indústria de construção de edifícios no país”. (GRILO et al., 2003). O alinhamento de projetos com tecnologia busca sanar essa problemática, visto que a utilização de *softwares* permite maior precisão nos cálculos, redução de tempo e de esforços e até uma maior ousadia por parte do projetista.

A tecnologia BIM surge no mercado AEC podendo agregar melhorias tanto no projeto-processo como no projeto-produto. Segundo a NBIMS-US, o modelo BIM é uma representação digital das características físicas e funcionais de uma construção. Trata-se de um conjunto de informações do empreendimento, desde a concepção inicial até a demolição, com colaboração integrada das diversas partes do projeto.

A *Association of General Contractor's – US* também buscou definir a tecnologia BIM: é o desenvolvimento e uso de um modelo virtual para simular a construção e operação de um empreendimento utilizando conceitos inteligentes e paramétricos, onde se podem gerar informações que possam ser utilizadas para tomar decisões e melhorar o processo de construção.

Ou seja, a representação de uma obra, antes feita por inúmeros projetos bidimensionais que não se comunicavam entre si, passa a ser feita através de um modelo virtual que possuirá todas as informações necessárias para a execução do empreendimento: a construção virtual serve como um protótipo preciso da construção real.

A parametria vinculada ao modelo BIM garante a comunicação entre todas as instâncias da obra e, segundo Eastman et al. (2011), essa é a principal diferença entre a tecnologia BIM e um projeto tridimensional tradicional. O conceito de Famílias controla os parâmetros de cada objeto e a relação que os mesmos apresentam com os demais aos quais estão interconectados. Não somente isso, mas a geometria dos objetos também é parametrizada: toda e qualquer alteração realizada pelo usuário é ajustada para o objeto como um todo, descartando assim a possibilidade do surgimento de alguma incompatibilidade entre diferentes vistas do projeto.

A implementação do BIM, contudo, não pode ser vista apenas como uma mudança tecnológica, e sim como uma nova forma de gerenciamento. “É importante entender que a noção de BIM como melhoria tecnológica é mais conceitual que analítica”. (REDDY, 2012).

2.2.2 O que não é BIM

Segundo Eastman et al. (2011), o termo BIM surgiu como uma *buzzword*, ou seja, muito utilizada por desenvolvedores de *softwares* para descrever o potencial de seus programas. Por ser uma palavra da moda no meio tecnológico, sua real definição se perdeu ou se misturou com conceitos errôneos e, por isso, ainda gera confusões.

Como solução para isso, os autores descreveram modelos que não utilizam a tecnologia BIM, como segue abaixo:

a) Modelos que contém apenas dados tridimensionais e nenhum atributo de objeto: modelos que somente podem ser utilizados para visualização gráfica mas que não possuem suporte para integração de dados e análises de design.

b) Modelos sem suporte para alterações: modelos que possuem atributos para os objetos mas que não permitem o ajuste de suas posições e proporções pois não utilizam inteligência paramétrica. Realizar qualquer mudança nesse tipo de modelo é extremamente trabalhoso, além de não haver garantia contra a criação de uma inconsistência ou vista incorreta do modelo.

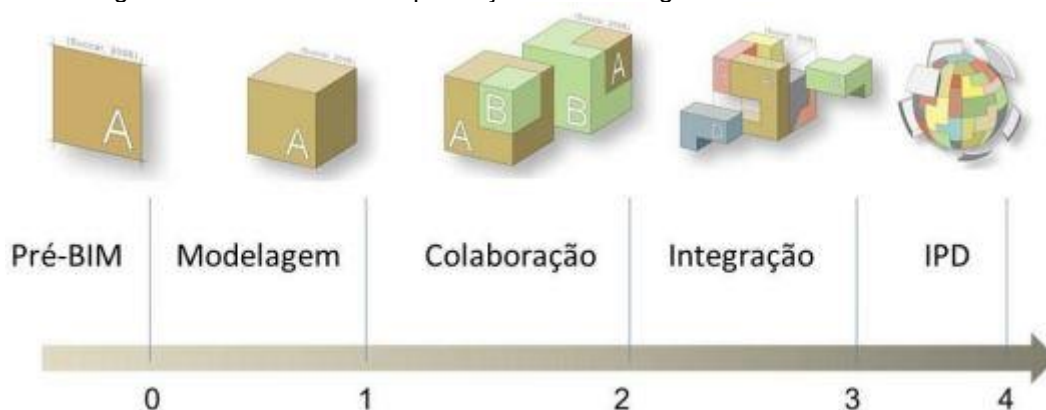
c) Modelos compostos de múltiplas referências bidimensionais que necessitam serem combinadas para definir a obra: é impossível se garantir que o modelo tridimensional resultante vai ser fiel às referências, consistente, mensurável e que o mesmo vá atribuir corretamente as informações aos objetos nele contidos.

d) Modelos que permitem modificações em suas dimensões em uma vista que não se reflete automaticamente nas demais: permite erros no modelo muito difíceis de serem detectados.

2.2.3 Maturidade no uso do BIM

Segundo Succar (2009, apud MANZIONE, 2013), o processo de adoção e posterior implementação da tecnologia BIM é um processo de longo prazo, podendo o mesmo ser dividido em estágios. O autor classifica esses estágios baseado em um modelo de maturidade, existindo critérios e pesos para a qualificação de uma empresa ou de um profissional. Os cinco graus de maturidade são: Pré-BIM, BIM estágio 1, BIM estágio 2, BIM estágio 3 e BIM estágio IPD (*Integrated Project Delivery*), como se observa na Figura 6.

Figura 6 - Estágios de maturidade na implantação da tecnologia BIM.



Fonte: Manzione, 2013 (adaptado de SUCCAR, 2009).

a) **Pré-BIM:** segundo o autor, trata-se de um estágio “desarticulado”, baseado em desenhos 2D e com baixíssimas visualizações 3D, onde não há integração entre os documentos gerados. Não há práticas colaborativas, sendo o processo de projeto sequencial e assíncrono.

b) **BIM estágio 1:** estágio inicial para a implantação do BIM, baseado na modelagem individual das disciplinas (3D). Os modelos gerados nesse estágio são normalmente para a fase de projeto, construção ou operação, porém o processo continua a ocorrer de maneira não colaborativa.

c) **BIM estágio 2:** com a habilidade na modelagem das especialidades individuais, inicia-se o processo de colaboração com as demais disciplinas. Segundo o autor, apenas um dos modelos precisa conter informações da geometria do edifício, iniciando assim a geração de modelos 4D (modelagem 3D + cronograma) ou 5D (modelagem 3D + cronograma + custos). A comunicação continua a ocorrer de maneira assíncrona, porém há uma maior delimitação das responsabilidades.

d) **BIM estágio 3:** há o desenvolvimento e compartilhamento de modelos ricos em detalhes, mantidos de forma colaborativa através de todo o ciclo de vida do empreendimento. Assim, há a troca interdisciplinar de modelos, o que permite uma análise mais complexa e, por consequência, mais precisa da obra. Segundo o autor, neste estágio de maturidade há a troca de “fases do projeto” para um “processo sem fases”.

e) **BIM estágio IPD:** as próprias relações contratuais se alteram nesse estágio em decorrência da colaboração efetiva de todos os agentes participantes do processo. De acordo com o *American Institute of Architects* (2007), alguns dos

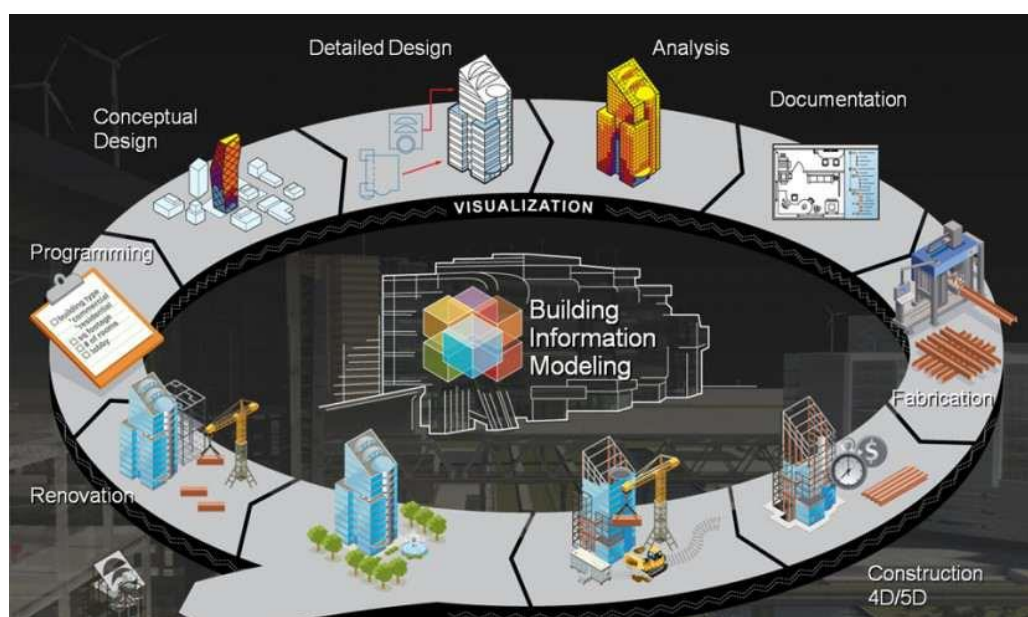
princípios deste estágio de maturidade são: inovação e decisões feitas em conjunto; envolvimento de todos os agentes e definição dos objetivos no princípio do processo; planejamento intenso; e comunicação aberta.

A própria AIA (ou Instituto Americano de Arquitetura, em português) propõem uma divisão organizacional das etapas de desenvolvimento em BIM de um empreendimento: são os Níveis de Desenvolvimento, mais conhecidos como LOD (*Level of Development*). Em 2013, a AIA definiu 6 níveis de LOD, publicando-os em um documento chamado *Project Building Information Modeling Protocol*. Indo de LOD 100 à LOD 600, esses níveis de desenvolvimento em muito se assemelham à divisão de maturidade proposta por Succar (2009).

2.2.4 Dimensões do BIM

Quando se fala na tecnologia BIM, pensa-se de início na fase de projeto. Contudo, a compreensão de sua abrangência é de suma importância para um melhor uso da tecnologia, visto que a mesma abrange todo o ciclo de vida de uma edificação, desde sua concepção e projeto, passando por planejamento, orçamento, sustentabilidade, gestão da manutenção até o fim do ciclo de vida, com posterior demolição ou, em certos casos, reabilitação da obra.

Figura 7 - Abrangência da tecnologia BIM.



Fonte: Imagem retirada de www.makebim.com.

Por abranger todo o ciclo de vida de um empreendimento, evidencia-se o seu caráter colaborativo. Contudo, mais do que a colaboração, a tecnologia BIM busca trazer à indústria AEC conceitos de sustentabilidade: como na engenharia civil é impossível a construção de um protótipo, a criação de um modelo virtual exato do que será executado permite antever problemas e incompatibilidades, otimizando assim a qualidade do produto final, além de permitir uma análise da sustentabilidade do empreendimento e de como o mesmo se relacionará com o ambiente que o cerca.

Essa abrangência da tecnologia BIM por vezes dificulta sua total compreensão, e por este motivo o conhecimento de todas as suas dimensões se torna imprescindível. Atualmente, o BIM pode ser classificado de 3D até 7D, conforme visto na Figura 8.

Figura 8 - Dimensões da tecnologia BIM.



Fonte: Imagem retirada de www.makebim.com.

a) BIM 3D: trata-se da modelagem parametrizada do empreendimento, onde se pode analisar diversas possibilidades, testando os mais variados cenários, além de se obter informações seguras dos resultados obtidos. Uma das análises mais importantes dessa dimensão é a detecção de incompatibilidades. O *software* Autodesk Revit se encaixa na terceira dimensão do BIM.

b) BIM 4D: insere-se a dimensão temporal à modelagem tridimensional, vinculando-se partes do protótipo à sua correspondente atividade no planejamento

da construção. A partir disso, pode-se gerar uma animação em vídeo da execução da construção ou demolição; além disso, serve também para componentes temporários, como escoras, por exemplo. A animação, entretanto, não é o foco desta dimensão: nela, testa-se cenários e seu impacto na obra com o objetivo de evitar aumento no prazo e/ou no custo do empreendimento.

c) BIM 5D: é inserido o orçamento ao modelo tridimensional. Ao se unir os quantitativos com um *software* de orçamentos, garante-se que qualquer alteração no modelo atualizará a planilha de custos da obra. Ao se trabalhar de maneira integrada com o BIM 3D, 4D e 5D, permite-se analisar diversos cenários e até optar pela melhor frente de ataque pensando não somente em termos construtivos mas também em termos temporais e financeiros para a empresa.

d) BIM 6D: nesta dimensão, realizam-se análises de eficiência energética, consumo de energia, emissão de carbono, contribuindo para a sustentabilidade e agregando valor à obras que necessitem de certificações de construção sustentável.

e) BIM 7D: incorpora aspectos de gestão de informações de ciclo de vida. Nesta fase, há o controle e garantia dos equipamentos, a gestão da manutenção e informações sobre fornecedores e fabricantes; é uma fase posterior à execução do empreendimento.

2.2.5 Usos e benefícios do BIM

Por muito tempo, a indústria AEC tem buscado técnicas para diminuir o custo de projeto, aumentar a produtividade e qualidade e mitigar erros em orçamento e planejamento. A tecnologia BIM vem de encontro a esses objetivos por proporcionar uma melhor eficiência e harmonia entre as diferentes disciplinas do projeto que, até pouco tempo atrás, encaravam-se como adversárias.

Infelizmente, muitos ainda enxergam o BIM com grande descrença e, ao mesmo tempo, citam com naturalidade perdas por retrabalho, atrasos, custos fora do orçamento da obra e incompatibilidades. Creem que o BIM nada mais é que uma maquiagem, algo que deixa a ação de projetar mais bonita aos olhos.

Contudo, a tecnologia BIM pode ser vista como o futuro da engenharia civil e da arquitetura para aqueles que a veem não apenas como uma mudança de *software*, e sim de processo. Azhar (2011) listou exemplos de aplicação da tecnologia BIM que reforçam tal argumento:

- Visualização: vistas tridimensionais são geradas de maneira simples e com mínimo esforço;
- Plantas de documentação/compras: as plantas de diversos sistemas prediais podem ser produzidas e posteriormente enviadas para fabricação ou compra das partes necessárias;
- Revisão de normas: o Corpo de Bombeiros, por exemplo, pode utilizar o modelo tridimensional para ver o enquadramento do futuro empreendimento em normas de segurança;
- Estimativas de custo: o quantitativo de materiais são extraídos e atualizados automaticamente quando qualquer mudança for feita no projeto;
- Sequenciamento da construção: permite coordenar pedidos de materiais, fabricação e cronograma de entregas para todos os componentes construtivos;
- Detecção de conflitos, interferências e colisões: em decorrência dos modelos virtuais serem elaborados em escala, pode-se conferir se todos os sistemas construtivos estão em harmonia e sem algum tipo de sobreposição;
- Análise forense: o modelo pode ser facilmente adaptado para ilustrar potenciais falhas e auxiliar a elaboração de planos de evacuação;
- Gerenciamento de facilidades: auxilia ainda no planejamento do canteiro de obras e na manutenção de operações.

Kreider, Messner e Dubler (2010) ordenaram por frequência e benefícios o uso do BIM. O estudo foi feito através de duas perguntas, cujas respostas encontram-se na Tabela 1:

- Quão frequentemente a empresa emprega cada uso do BIM definidos em *BIM Project Execution Planning Guide*? As opções de resposta eram de 0%, 5%, 25%, 50%, 75%, 95% e 100%.
- Qual é a percepção da empresa no nível de benefícios trazidos para o projeto pelo uso do BIM? As opções de resposta eram de muito negativo (-2), negativo (-1), neutro (0), positivo (1) e muito positivo (2).

Tabela 1 - Ranking da utilização do BIM por frequência e benefícios.

Uso do BIM	Frequência (%)	Posição (1 a 25)	Benefícios (-2 a +2)	Posição (1 a 25)
Coordenação 3D	60	1	1,6	1
Revisão de projeto	54	2	1,37	2
Autoria de projeto	42	3	1,03	7
Design do sistema construtivo	37	4	1,09	6
Modelagem de condições existentes	35	5	1,16	3
Controle 3D e planejamento	34	6	1,1	5
Programação	31	7	0,97	9
Modelagem 4D	30	8	1,15	4
Registro da modelagem	28	9	0,89	14
Planejamento da utilização do local	28	10	0,99	8
Análise do local	28	11	0,85	17
Análise estrutural	27	12	0,92	13
Análise energética	25	13	0,92	11
Estimativa de custo	25	14	0,92	12
Avaliação LEED de sustentabilidade	23	15	0,93	10
Análise do sistema construtivo	22	16	0,86	16
Gerenciamento do espaço	21	17	0,78	18
Análise mecânica	21	18	0,67	21
Validação de normas	19	19	0,77	19
Análise de luminosidade	17	20	0,73	20
Demais análises	15	21	0,59	22
Fabricação digital	14	22	0,89	15
Gerenciamento ativo	10	23	0,47	23
Manutenção do calendário construtivo	5	24	0,42	24
Plano de evacuação	4	25	0,26	25

Fonte: Adaptado Kreider, Messner e Dubler (2010).

Eastman et al (2011) também elencaram os benefícios do emprego da tecnologia BIM, dividindo-os nas diferentes etapas construtivas:

a) Benefícios na pré-construção para o cliente: através de um modelo virtual, é mais fácil e preciso a visualização dos conceitos que se espera da obra e a viabilidade para executá-los. Além disso, através de análises e simulações, pode-se determinar se o empreendimento satisfaz todos os requerimentos funcionais e de sustentabilidade esperados;

b) Benefícios de projeto: visualização antecipada e precisa da obra, correção automática devido à parametria, colaboração entre as várias disciplinas de

projeto, geração automática de quantitativos e busca por alternativas que melhorem a eficiência da obra com relação à sustentabilidade.

c) Benefícios na construção: utilização do próprio modelo virtual para pré-fabricação de alguns componentes, possibilidade de sincronizar projeto com cronograma da obra, criação de um ambiente propício e favorável à implementação de técnicas de *lean construction* e facilitação da programação de compra de materiais ou aluguel de serviços.

d) Benefícios após a construção: conexão entre modelo virtual e manutenção dos materiais instalados, permitindo a conferência ou não da obra estar dentro do esperado, além de se ter um *as-built* fiel e que servirá de ponto inicial para a operação do local.

Um estudo conduzido pela *Stanford University's Center for Integrated Facilities Engineering* apresentou os seguintes benefícios do BIM após coleta de informações em 32 grandes obras (*CRC Construction Innovation*, 2007):

- Eliminação de 40% de mudanças orçamentárias não previstas;
- Variação de apenas 3% na estimativa de custo se comparada com métodos tradicionais;
- Redução de 80% no tempo gasto para elaborar o orçamento;
- Economia de 10% do valor do contrato através de verificação de interferências;
- Redução de 7% no tempo de projeto.

Em 2008, a McGraw Hill Construction publicou um abrangente estudo sobre a utilização do BIM na indústria AEC e quais eram as projeções para a nova tecnologia no ano seguinte. Para isso, baseou-se em um questionário respondido por 82 arquitetos, 101 engenheiros, 80 contratantes e 39 proprietários nos Estados Unidos. Entre as conclusões, algumas merecem destaque:

- Arquitetos foram os maiores utilizadores da tecnologia BIM (43% utilizavam em mais de 60% de seus projetos). Por outro lado, os contratantes são os que menos empregavam o BIM: apenas 23% o utilizavam em 60% dos projetos;
- 82% acreditavam que o BIM teve um impacto positivo na produtividade de suas respectivas empresas;
- 79% indicavam que a utilização do BIM melhorou os resultados dos projetos, diminuindo a necessidade de se resolver problemas no canteiro de obras;

- 66% acreditavam que o emprego do BIM aumentou suas chances de ganharem contratos e licitações;
- 62% planejavam aumentar em 30% a utilização do BIM para o ano seguinte (2009).

2.2.5.1 Estudos de caso sobre os benefícios do BIM

Para reforçar os benefícios listados, lista-se 4 casos onde a tecnologia BIM foi empregada e os benefícios trazidos por ela. Todos os dados aqui mostrados foram coletados pela *Holder Construction Company*, cuja sede se encontra em Atlanta, no estado da Geórgia.

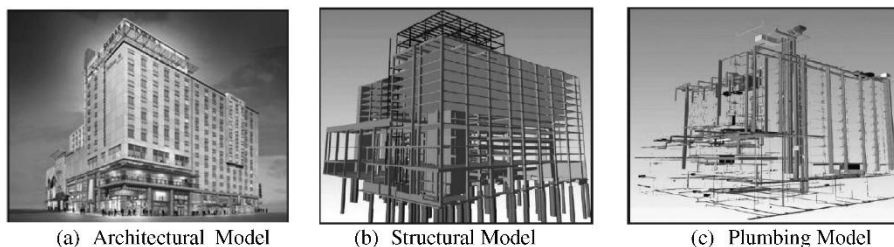
a) *Aquarium Hilton Garden Inn*. Atlanta, Geórgia - EUA.

Trata-se de uma edificação de múltiplos usos, servindo de hotel, ambientes para lojas de varejo e deck de estacionamento. A obra de aproximadamente 45 mil metros quadrados foi orçada em 46 milhões de dólares.

A tecnologia BIM nessa obra foi empregada para coordenação, verificação de interferências e sequenciamento de trabalhos, custando 90 mil dólares (aproximadamente 0,2% do custo da obra).

Como resultado, o empreendimento economizou uma quantia de 200 mil dólares através de verificações de interferência (590 no total) e 1143 horas de trabalho.

Figura 9 - Projeto arquitetônico, estrutural e hidrossanitário do empreendimento, respectivamente.



Fonte: Azhar, 2011.

Figura 10 - Fachada do *Aquarium Hilton Garden Inn*.



Fonte: Imagem retirada de www.atlantadowntown.com.

b) *Savannah State University*. Savannah, Geórgia - EUA.

Nesse empreendimento, a tecnologia BIM foi empregada na fase de planejamento para auxiliar na análise de opções visando selecionar o *layout* construtivo mais econômico e trabalhável. Seu custo de 5 mil dólares equivale a aproximadamente 0,04% do custo total do empreendimento, orçado em 12 milhões de dólares.

Economizou-se um total de aproximadamente 1,2 milhão de dólares através da seleção do melhor cenário construtivo. O processo demorou cerca de duas semanas e, apesar de se poder argumentar que a mesma conclusão poderia ter sido alcançada sem o emprego do BIM, deve-se ressaltar que a decisão foi tomada de maneira muito rápida, de forma precisa e com um grande embasamento graças ao seu uso.

c) *The Mansion on Peachtree*. Atlanta, Geórgia - EUA.

Trata-se de um hotel cinco estrelas de múltiplos usos orçado em 111 milhões de dólares e com um período de 29 meses para ser construído. Neste

empreendimento, empregou-se o BIM para planejamento e documentação da construção, custando aproximadamente 1,5 mil dólares (0,0013% do custo da obra). Seu emprego trouxe uma economia de 15 mil dólares.

Figura 11 - Foto do *The Mansion on Peachtree*.



Fonte: Imagem retirada de www.nticonsultants.com.

d) *Emory Psychology Building*. Atlanta, Geórgia - EUA.

Com 10,2 mil metros quadrados, o prédio de psicologia da Universidade de Emory custou 35 milhões de dólares e foi planejado para ser construído em 16 meses. Neste caso, a tecnologia BIM foi empregada para análises de sustentabilidade, não possuindo uma influência direta no valor da obra, mas sim uma mudança significativa ao ser analisada a longo prazo.

Assim, com o emprego do BIM se estudou a melhor orientação para a execução da obra, qual o melhor revestimento a ser utilizado e o posicionamento das janelas baseado na influência da luz solar. Em decorrência dessas análises, a construção possui certificado LEED (*Leadership in Energy and Environmental Design*), um dos programas de construção verde mais populares no mundo.

Figura 12 - Estudo sobre alternativas de revestimento e influência da luz solar.

Option 1 - Curtain wall



3D Sun Study

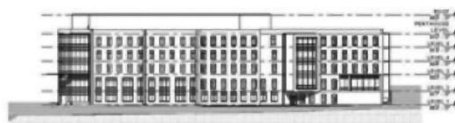


West Elevation

Option 2 - Masonry



3D Sun Study



West Elevation

Fonte: Azhar, 2011.

Figura 13 - Prédio de psicologia da Universidade de Emory.

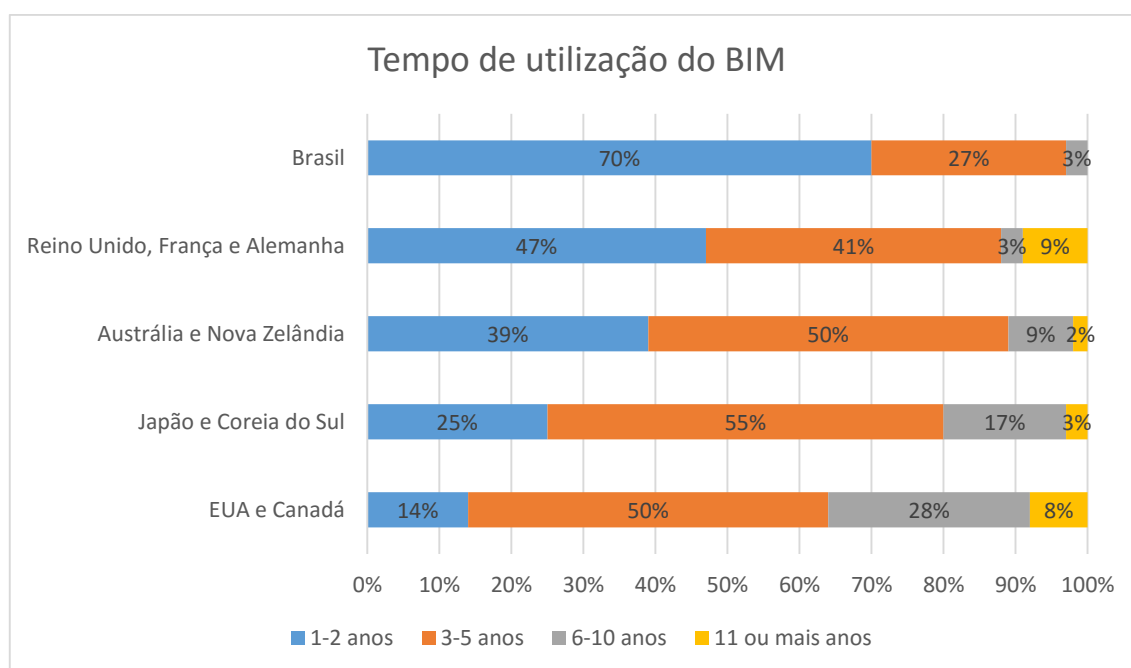


Fonte: Imagem retirada de www.salasobrien.com.

2.2.6 Cenário de utilização do BIM

Em 2014, a McGraw Hill Construction desenvolveu um relatório que analisou o emprego do BIM em nove dos maiores mercados mundiais da construção civil: Estados Unidos, Canadá, Austrália/Nova Zelândia, Brasil, Japão, Coreia do Sul, Reino Unido, França e Alemanha.

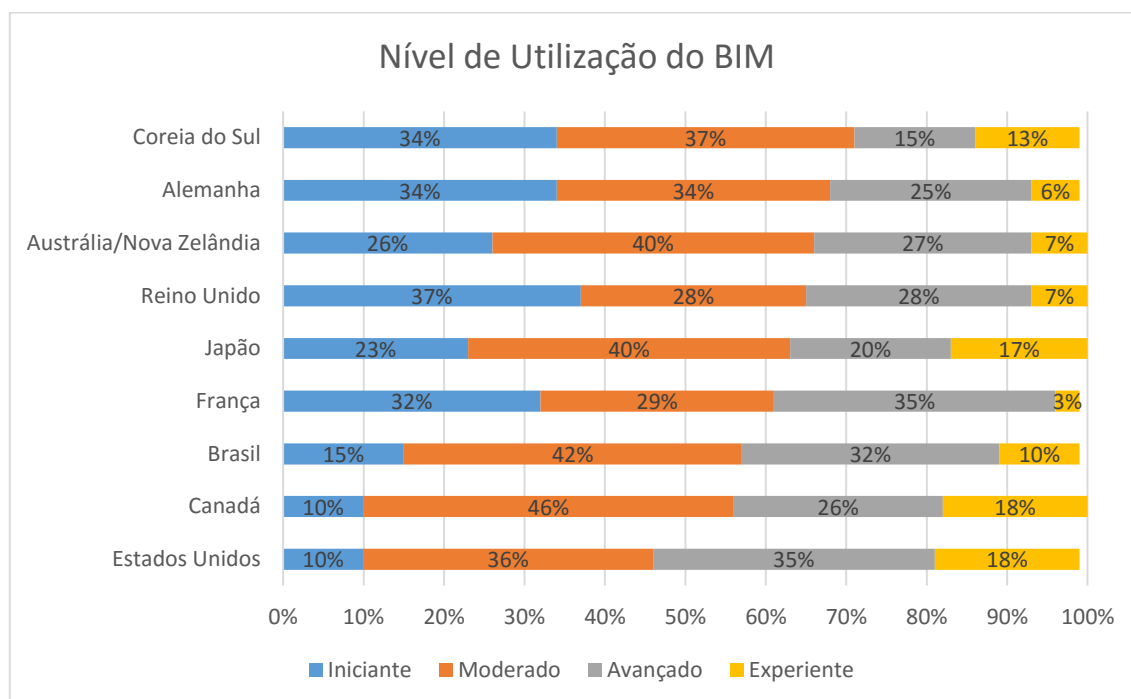
Figura 14 - Tempo de utilização do BIM (em anos).



Fonte: Adaptado de McGraw Hill Construction, 2014.

Nesse estudo, pôde-se observar que o uso da tecnologia BIM é recente no Brasil: na época da pesquisa, a grande maioria das empresas brasileiras utilizava a tecnologia há 2 anos no máximo, sendo que nenhuma quantidade significativa utilizava há 11 anos ou mais, contrastando com os demais países pesquisados.

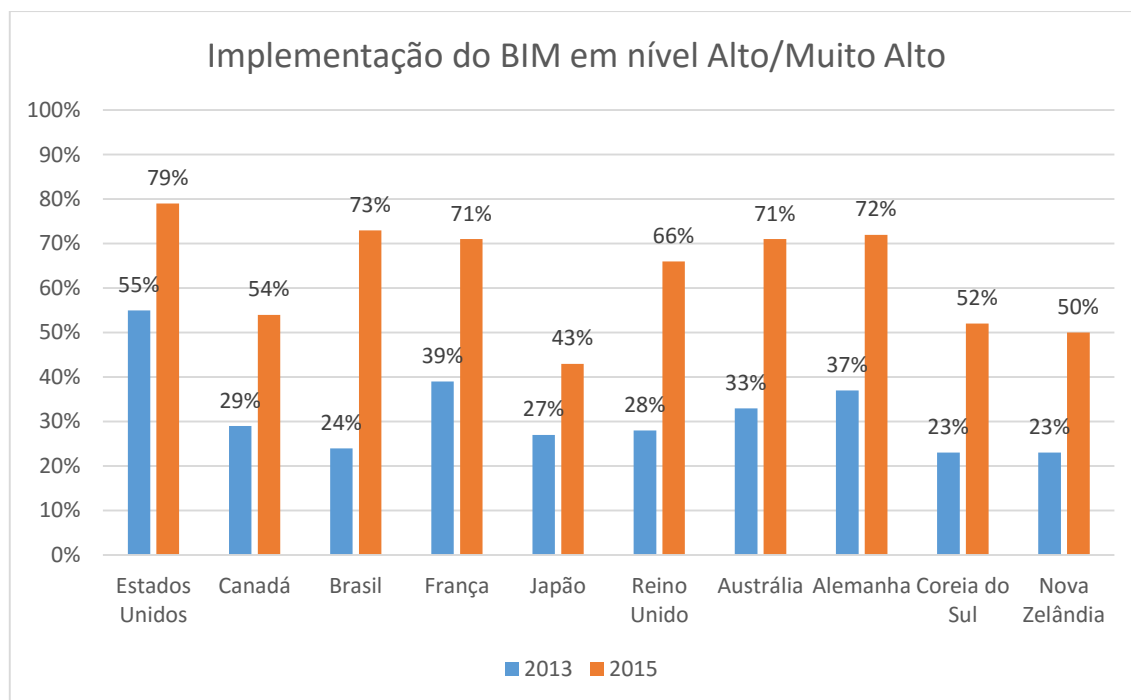
Figura 15 - Nível de utilização do BIM.



Fonte: Adaptado de McGraw Hill Construction, 2014.

Contudo, ao analisar o nível de experiência dos usuários de BIM no país, o Brasil se mostra à frente de alguns países mais desenvolvidos. Contabilizando apenas a porcentagem de usuários que se enquadram nos níveis “Avançado” e “Experiente”, o Brasil (42%) supera Coreia do Sul (28%), Alemanha (31%), Austrália/Nova Zelândia (34%), Reino Unido (35%), Japão (37%) e França (38%), perdendo apenas para Canadá (44%) e Estados Unidos (53%), conforme Figura 15.

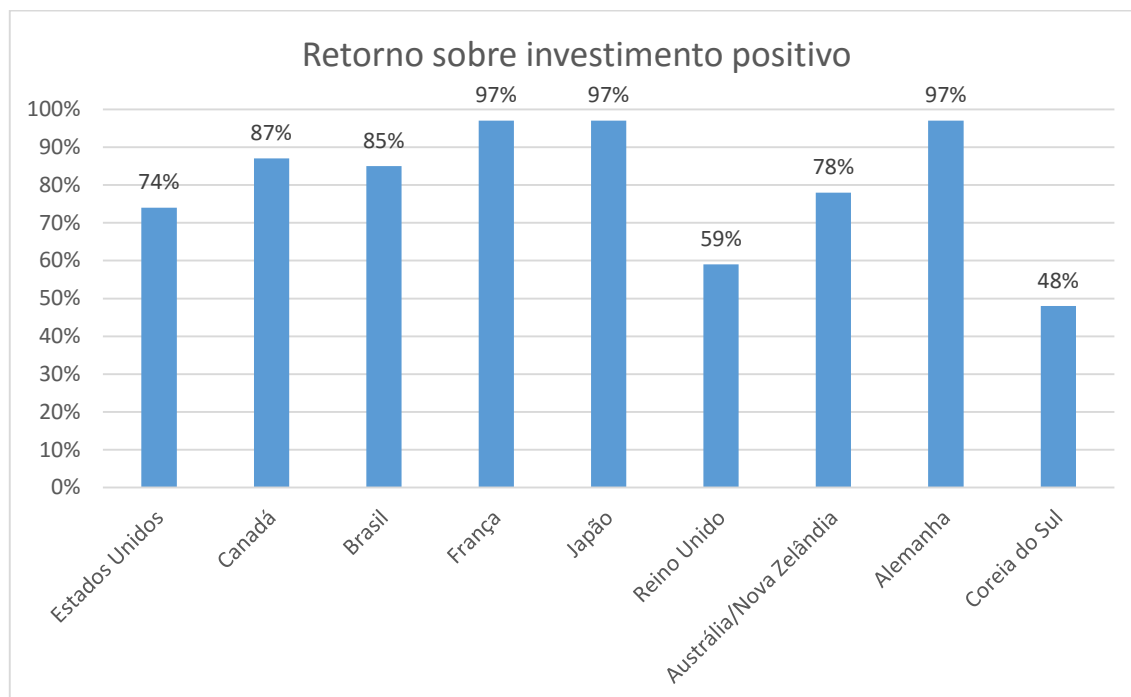
Figura 16 - Implementação do BIM em nível Alto/Muito Alto.



Fonte: Adaptado de McGraw Hill Construction, 2014.

O Brasil também se destaca em outro aspecto positivo, segundo o estudo. Entre 2013 e 2015, o país foi o que mais cresceu em relação à implementação da tecnologia BIM em níveis considerados altos ou muito altos. Isso demonstra que, apesar de ser considerado um país iniciante no BIM, o Brasil percebe sua importância e cada vez mais busca implementá-lo na indústria de AEC.

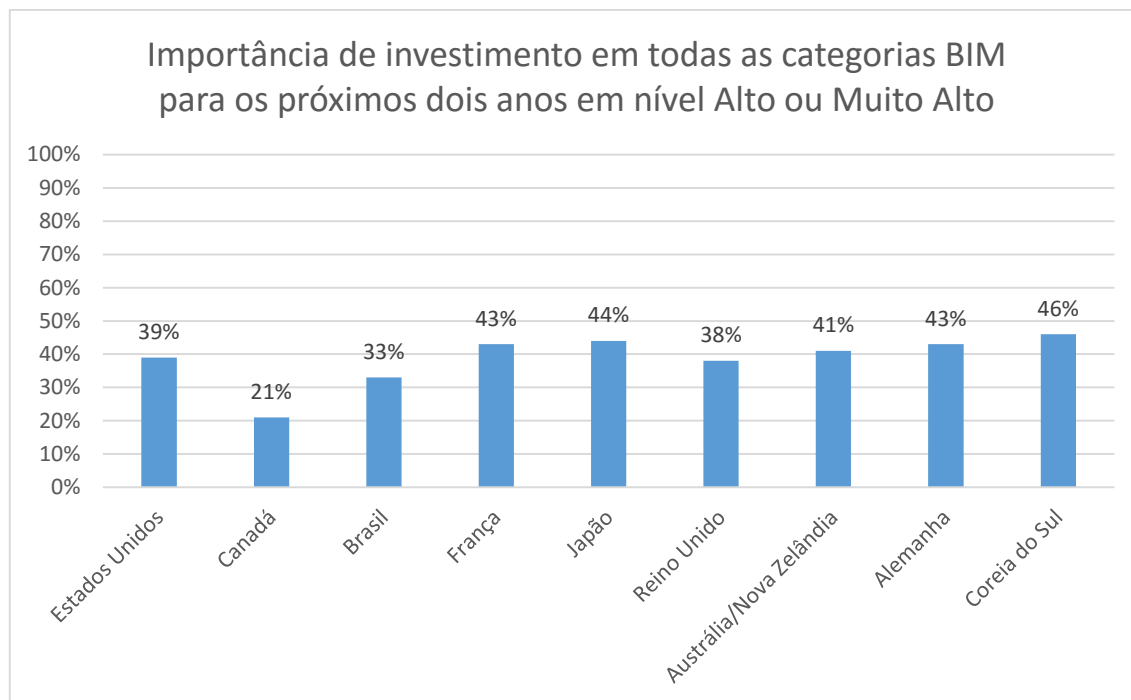
Figura 17 - Retorno sobre investimento positivo.



Fonte: Adaptado de McGraw Hill Construction, 2014.

Sabendo-se que, através da criação de um modelo digital se busca com o BIM a redução de custos, é de grande importância saber a taxa de retorno apresentada por esses países ao investirem na tecnologia. A taxa de retorno, ou retorno sobre investimento (*return on investment* ou ROI, em inglês) é a relação entre a quantidade de dinheiro que se ganhou (ou se perdeu) como resultado de um investimento e a quantidade de dinheiro que foi investida. A Figura 17 demonstra que a grande maioria dos países apresentou um retorno positivo ao se investir no BIM: apenas a Coreia do Sul reportou que menos da metade dos investidores apresentaram um retorno positivo.

Figura 18 - Importância de investimento em todas as categorias BIM para os próximos dois anos em nível Alto ou Muito Alto.



Fonte: Adaptado de McGraw Hill Construction, 2014.

Baseado nesse cenário positivo apresentado pelo BIM, os países analisados demonstraram interesse em investir ainda mais em todas as categorias propiciadas pela tecnologia, demonstrando que o BIM deixou de ser uma *buzzword* para se tornar parte do futuro da construção civil.

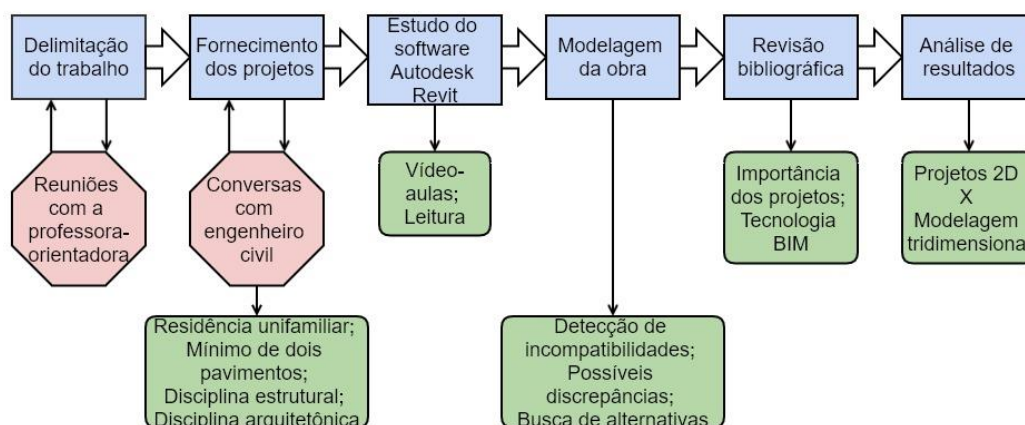
No Brasil, criou-se o Comitê Estratégico de Implementação do *Building Information Modeling*, cujo objetivo é o de propor, no âmbito do governo federal, a Estratégia Nacional de Disseminação do BIM. À frente da presidência do Comitê estará o Ministério da Indústria, Comércio Exterior e Serviços que ainda contará com o apoio da Casa Civil da Presidência da República, Ministério da Defesa, Ministério do Planejamento, Desenvolvimento e Gestão, Ministério da Ciência, Tecnologia, Inovações e Comunicações, Ministério das Cidades e da Secretaria-Geral da Presidência da República. Haverá ainda a criação de um Grupo de Apoio Técnico que prestará apoio técnico e administrativo ao Comitê e o assessorará no desempenho de suas funções.

3 METODOLOGIA

3.1 FLUXOGRAMA DE TRABALHO

O fluxo das etapas seguidas no presente trabalho se encontra na Figura 19.

Figura 19 - Fluxograma de trabalho.



Fonte: Elaborado pelo autor (2017).

Após a delimitação do trabalho, contatou-se um engenheiro civil para o fornecimento de projetos de uma residência unifamiliar, o qual terá sua identidade preservada. Como requisitos para a escolha da obra a ser modelada, foi solicitado que os projetos fossem de uma residência unifamiliar de, no mínimo, dois pavimentos e que o engenheiro pudesse fornecer tanto a disciplina estrutural como a arquitetônica.

Com o recebimento dos projetos, iniciou-se o estudo do *software* Autodesk Revit através de vídeo-aulas e leituras referentes ao mesmo. Com o término do estudo, iniciou-se a modelagem da residência e um processo iterativo de detecção de possíveis incompatibilidades entre as diferentes disciplinas ou discrepâncias dentro dos próprios projetos e a resolução das mesmas.

Após essa etapa, realizou-se uma revisão bibliográfica para que o trabalho possuísse um bom embasamento teórico e argumentos que sustentassem a realização do mesmo. Assim, a primeira parte da revisão se concentrou na importância dos projetos dentro da engenharia civil e arquitetura, enquanto a

segunda, por sua vez, tratou de explicar conceitualmente a tecnologia BIM e os motivos que a colocam como futuro dentro da indústria de AEC.

Por fim, listou-se as incompatibilidades, apresentando também sua resolução e possíveis motivos para seu surgimento (comparativo entre projetos 2D e modelagem tridimensional).

3.2 SOFTWARES UTILIZADOS

Para a realização do presente trabalho, empregou-se os seguintes *softwares*:

3.2.1 Autodesk Autocad 2017

Produzido pela Autodesk, Inc. desde 1982, o Autocad é um *software* do tipo CAD (*Computer Aided Design*, ou desenho auxiliado por computador, em português). Amplamente utilizado em arquitetura e nos vários ramos da engenharia, o Autocad é utilizado principalmente para elaboração de desenhos bidimensionais.

Todos os arquivos recebidos sobre o empreendimento vieram em formato “.dwg” e, por esse motivo, empregou-se o *software* para uma análise inicial da obra.

3.2.2 Autodesk Revit 2016

Criado especialmente para a arquitetura e engenharia civil, o Revit é um *software* que segue os conceitos da tecnologia BIM: através da parametrização de seus elementos, permite uma associatividade entre todas as partes envolvidas por permitir que uma determinada mudança se reflita no projeto como um todo, evitando assim possíveis erros e discrepâncias.

A modelagem de ambas as disciplinas (estrutural e arquitetônica) da obra foi feita através desse *software*, bem como a compatibilização e a resolução de possíveis conflitos. Por sua parametrização, todas as plantas, cortes, elevações e detalhes mostrados no presente trabalho foram extraídos do Revit.

3.3 CARACTERIZAÇÃO DA OBRA

O empreendimento utilizado para o presente trabalho se trata de uma residência unifamiliar localizada na rua Hermógenes Pagliosa, no bairro Monte Belo, em Joaçaba, meio-oeste de Santa Catarina.

Figura 20 - Concepção inicial do empreendimento (fachada principal) – elaborado pelo engenheiro em Sketchup.



Fonte: Acervo do engenheiro.

Figura 21 - Concepção inicial do empreendimento (fundos) – elaborado pelo engenheiro em Sketchup.



Fonte: Acervo do engenheiro.

A residência em questão, cujos projetos são datados de março de 2008, já se encontra finalizada e possui as seguintes estatísticas:

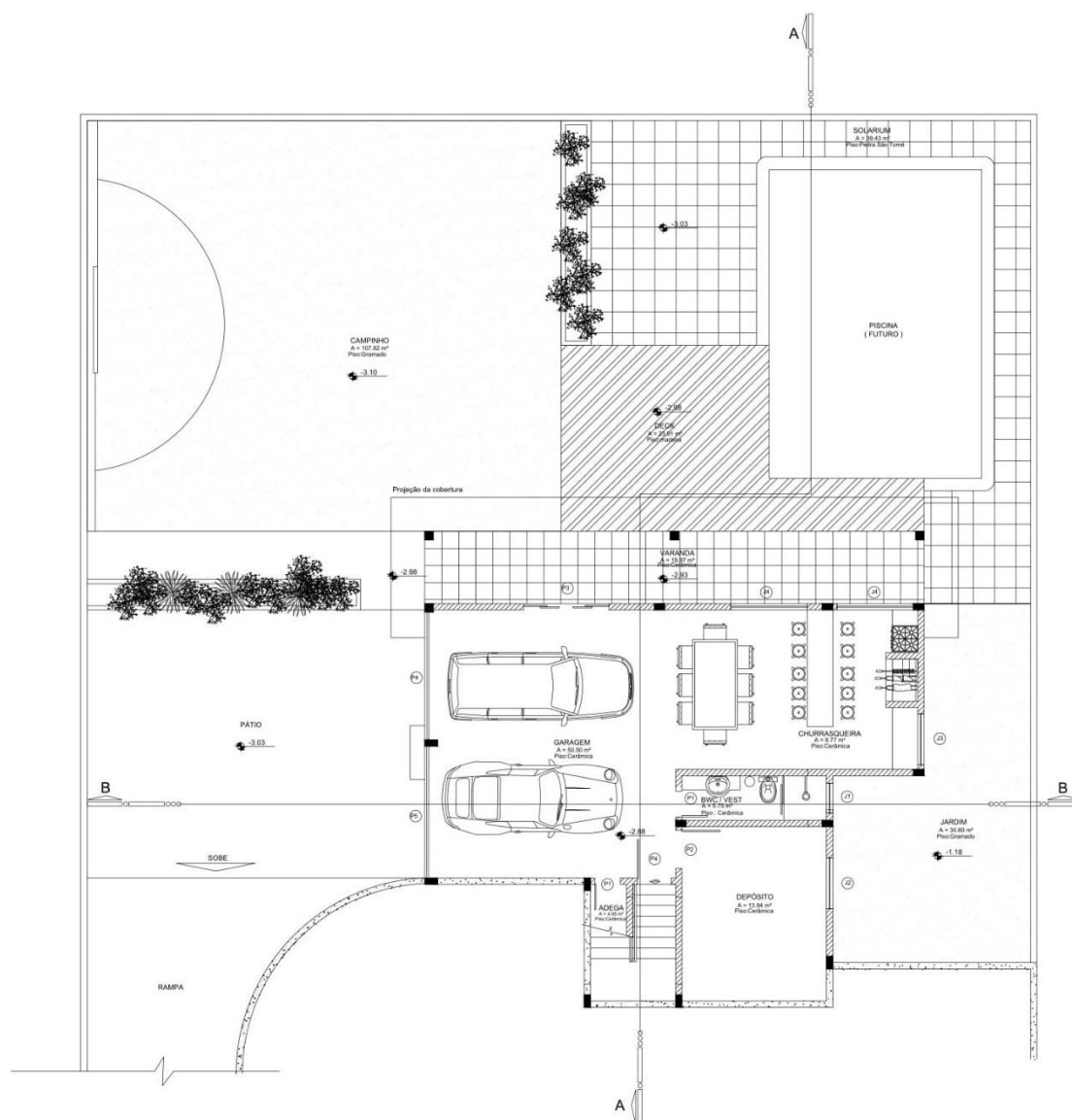
Tabela 2 - Estatísticas do empreendimento.

Estatísticas do empreendimento	
Área do terreno	562,50 m ²
Área total a construir	270,19 m ²
Área de projeção	109,25 m ²
Taxa de ocupação	19,40%
Índice de aproveitamento	0,40
Área permeável	204,65 m ²
Taxa de permeabilidade	36,30%

Fonte: Elaborado pelo autor (2017).

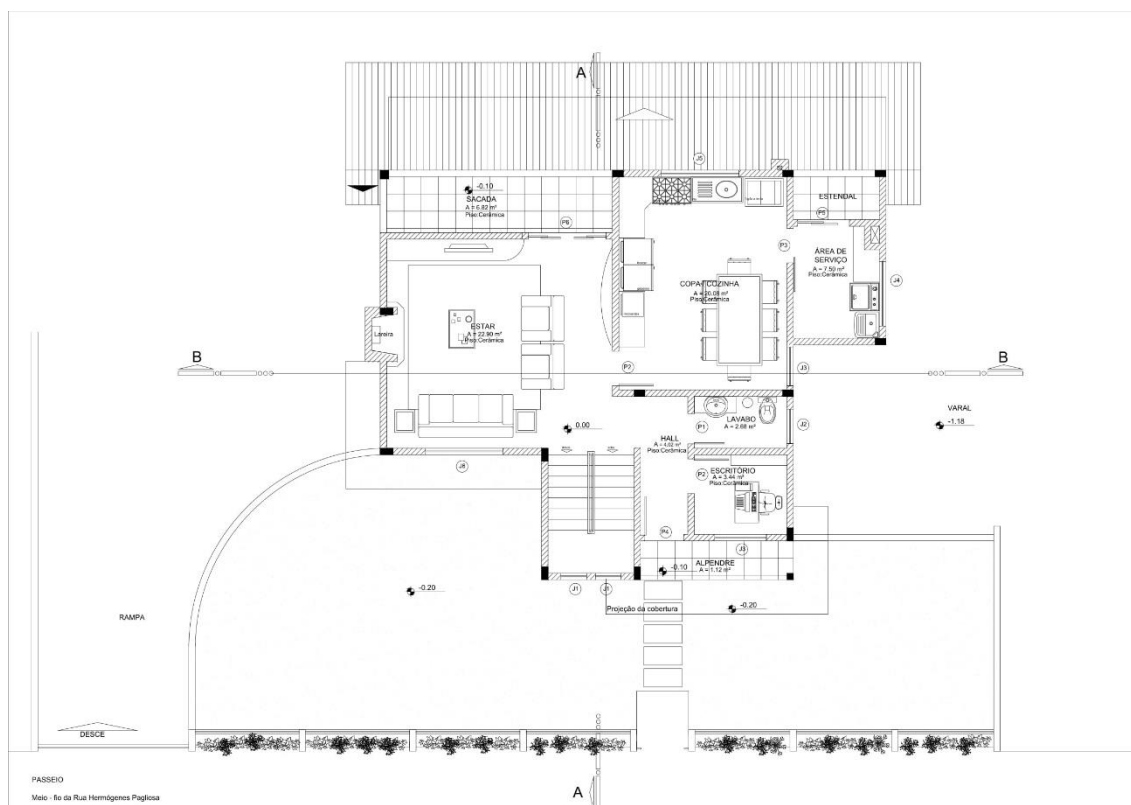
Os 270,19 m² se dividem em três pavimentos: garagem (108,89 m²), pavimento inferior (89,28 m²) e pavimento superior (72,02 m²).

Figura 22 - Planta baixa da garagem – elaborado pelo engenheiro em CAD.



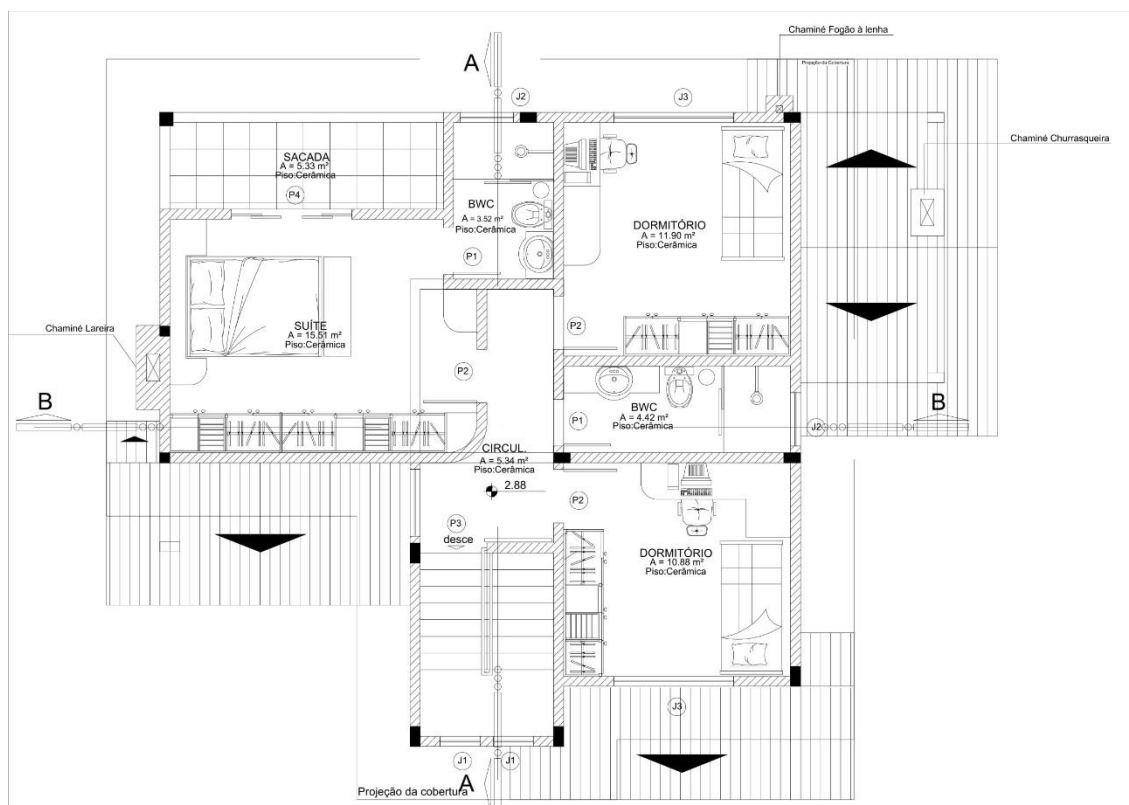
Fonte: Acervo do engenheiro.

Figura 23 - Planta baixa do pavimento inferior – elaborado pelo engenheiro em CAD.



Fonte: Acervo do engenheiro.

Figura 24 - Planta baixa do pavimento superior – elaborado pelo engenheiro em CAD.



Fonte: Acervo do engenheiro.

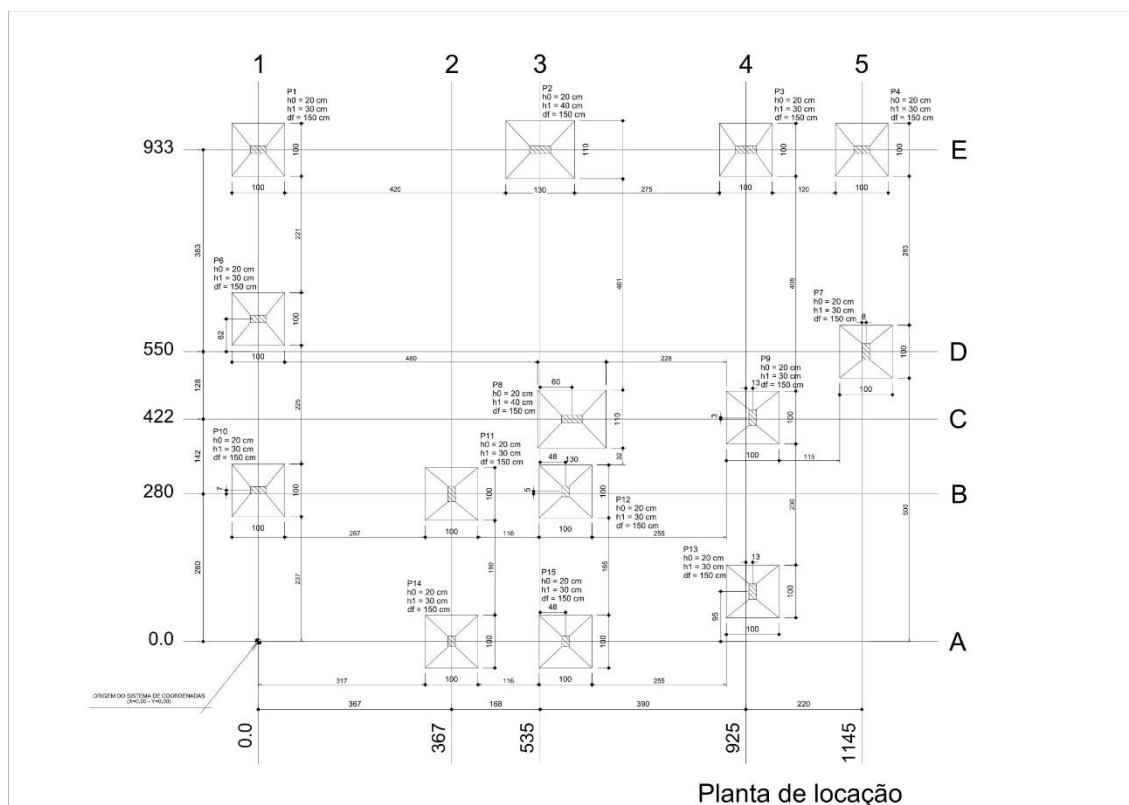
3.4 MODELAGEM DA OBRA

3.4.1 Modelagem da estrutura

3.4.1.1 Infraestrutura – Sapatas, pilares colarinhos e vigas baldrame

Como explanado anteriormente, todos os projetos da residência unifamiliar em questão foram elaborados através do *software* AutoCAD. Assim sendo, o primeiro passo para a modelagem foi a importação da planta de locação das sapatas e colarinhos para o Revit, bem como a planta de forma das vigas baldrame.

Figura 25 - Planta de locação das sapatas e pilares colarinhos – elaborado pelo engenheiro em CAD.



Fonte: Acervo do engenheiro.

Ao todo, modelou-se 14 sapatas e 14 pilares colarinhos. Na Tabela 3 observa-se a caracterização de cada um dos elementos que compõem a infraestrutura do empreendimento. Nota-se que, mesmo com a numeração indo de P1 até P15, o número de elementos é 14 (a contagem pula a quinta sapata e quinto pilar colarinho).

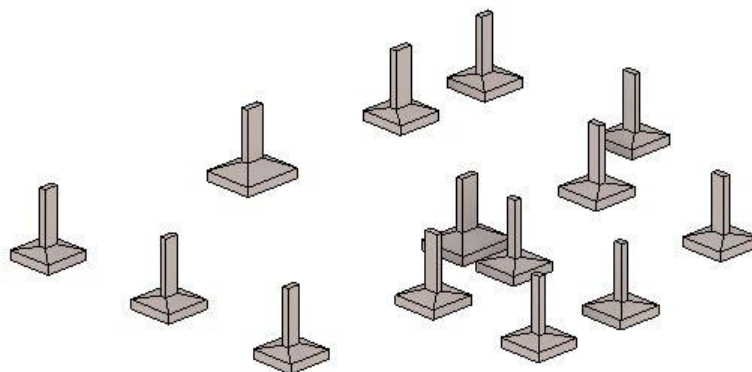
Tabela 3 - Caracterização das sapatas e pilares colarinhos.

Pilar	Seção (cm x cm)	Sapata	Lado X (cm)	Lado Y (cm)	Colarinho (cm)
P1	14x30	1	100	100	120
P2	14x40	2	130	110	110
P3	14x40	3	100	100	120
P4	14x30	4	100	100	120
P6	14x30	6	100	100	120
P7	14x30	7	100	100	120
P8	14x40	8	130	110	110
P9	14x30	9	100	100	120
P10	14x30	10	100	100	120
P11	14x30	11	100	100	120
P12	14x20	12	100	100	120
P13	14x30	13	100	100	120
P14	14x20	14	100	100	120
P15	14x20	15	100	100	120

Fonte: Elaborado pelo engenheiro (adaptado pelo autor, 2017).

Para a modelagem, utilizou-se duas famílias, gentilmente cedidas pelo Grupo Comcasa: COM-FUN-SAP-Sapata Chanfrada Retangular e COM-FUN-Colarinho. Por se tratarem de famílias parametrizadas, as dimensões dos elementos puderam ser alteradas sem grandes esforços, totalizando duas sapatas distintas (100 cm x 100 cm e 130 cm x 110 cm) e três pilares colarinhos distintos (14 cm x 20 cm, 14 cm x 30 cm e 14 cm x 40 cm).

Figura 26 - Modelagem das sapatas e pilares colarinhos no software Autodesk Revit.



Fonte: Elaborado pelo autor (2017).

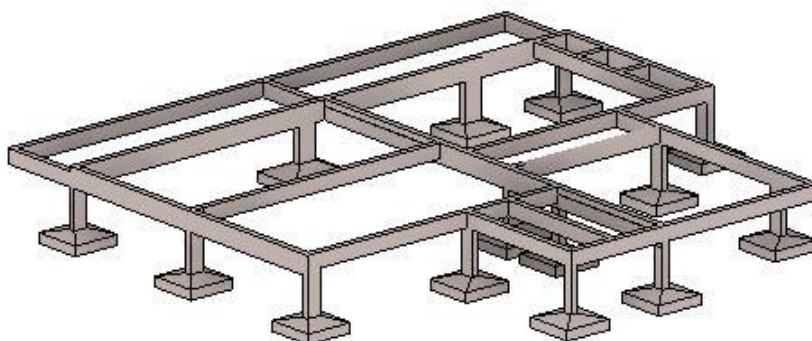
No total, 16 vigas baldrame foram modeladas segundo descrição da Tabela 4. A família empregada nesse caso foi a COM-VIG-CON-Viga Retangular de Concreto (Grupo Comcasa). Por também se tratar de uma família parametrizada, a alteração da seção das vigas para seu enquadramento no projeto estrutural foi rápida, necessitando-se de 4 modelos (14 cm x 30 cm, 14 cm x 40 cm, 15 cm x 30 cm e 15 cm x 40 cm).

Tabela 4 - Caracterização das vigas baldrames.

Vigas			
Nome	Seção (cm)	Elevação (cm)	Nível (cm)
V1	14x30	-10	-10
V2	14x40	0	0
V3	14x30	0	0
V4	14x30	0	0
V5	14x30	0	0
V6	14x30	0	0
V7	14x30	0	0
V8	14x30	0	0
V9	14x30	0	0
V10	14x40	0	0
	14x30	-10	-10
V11	14x30	0	0
V12	14x30	0	0
V13	15x40	0	0
	15x30	-10	-10
V14	14x30	0	0
V15	14x30	0	0
V16	14x40	0	0
	14x30	-10	-10

Fonte: Elaborado pelo engenheiro (adaptado pelo autor, 2017).

Figura 28 - Modelagem das vigas baldrames no software Autodesk Revit.

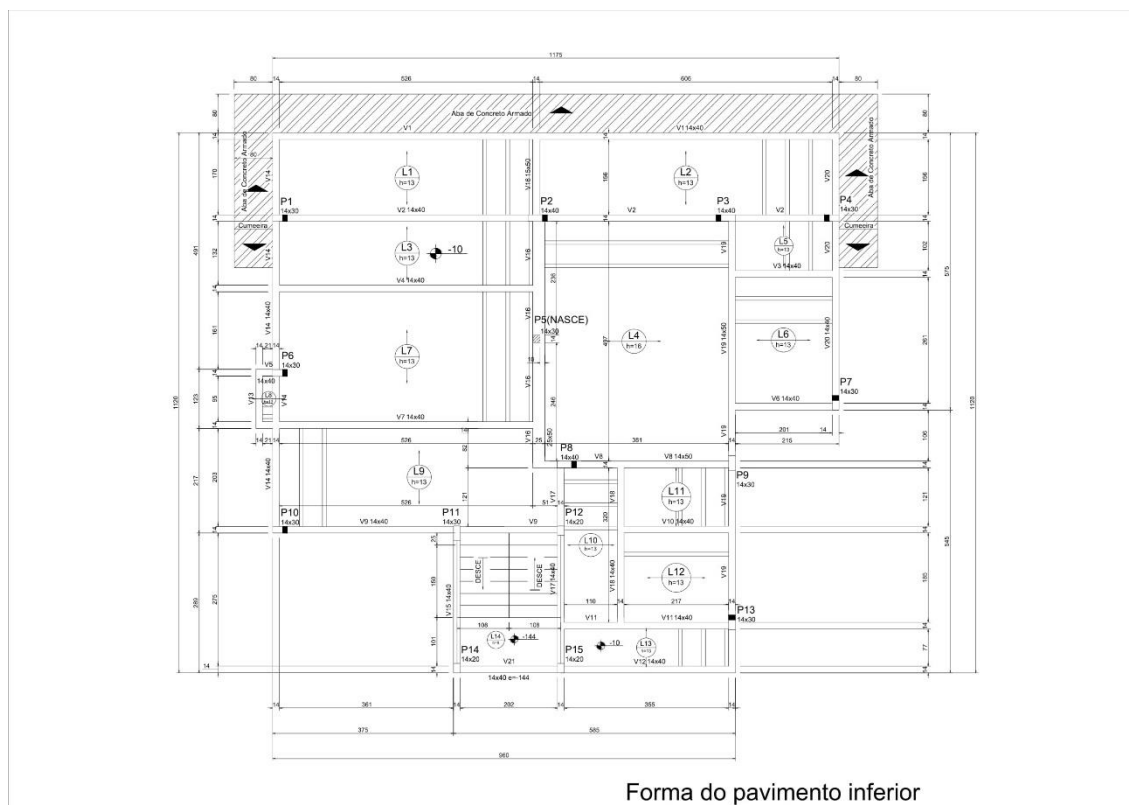


Fonte: Elaborado pelo autor (2017).

3.4.1.2 Supraestrutura – Pilares, vigas e lajes

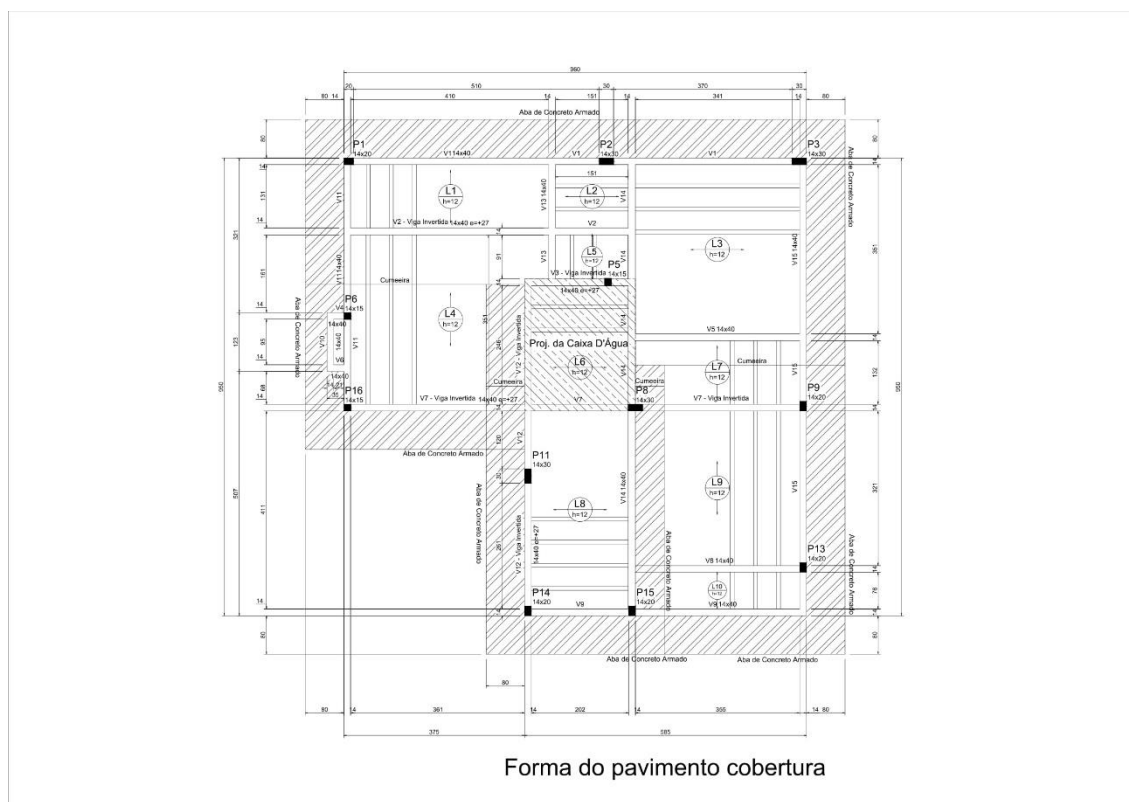
Finalizada a infraestrutura da obra, iniciou-se a modelagem estrutural dos pavimentos suprajacentes. Assim, importou-se mais 3 projetos de formas, relativos ao pavimento inferior, ao superior e à cobertura.

Figura 29 - Planta de formas do pavimento inferior – elaborado pelo engenheiro em CAD.



Fonte: Acervo do engenheiro.

Figura 31 - Planta de formas do pavimento cobertura – elaborado pelo engenheiro em CAD.



Fonte: Acervo do engenheiro.

Os pilares seguiram o mesmo posicionamento dos colarinhos: em alguns casos, houve a necessidade de se reduzir a seção entre um pavimento e outro, além de haver pilares que eram necessários apenas nos pavimentos inferiores e, por isso, não necessitavam ser modelados nos andares acima (pilar que “morre”). Em apenas dois casos houve o surgimento de pilares que não tiveram como ponto de partida os colarinhos: um no pavimento inferior e outro no pavimento superior.

A modelagem dos pilares foi feita de modo que permitisse a utilização do modelo virtual em questão no *software* Autodesk Navisworks (também utilitário da tecnologia BIM). Como em alguns casos há a necessidade de elaboração de um BIM 4D (modelo tridimensional + planejamento), não se pode modelar, por exemplo, um pilar que parta do colarinho e atinja a cobertura como se ele fosse único, pois caso se faça desse modo, o *software* entenderá que a atividade será feita toda de uma só vez, o que não acontece em obra. Assim, seccionou-se os pilares a cada mudança de pavimento, da mesma forma como ocorreria em campo.

A modelagem das vigas seguiu o mesmo padrão das vigas baldrame. Na modelagem das lajes, apenas se necessitou contornar os espaços formados entre

vigas. Para essa categoria estrutural, utilizou-se a família parametrizada COM-LAJ-C25 (Grupo Comcasa), atentando-se apenas para possíveis mudanças de espessura.

Para a conformação estrutural final, necessitou-se a modelagem de 64 vigas e 58 pisos. Segundo o projeto fornecido em CAD, o número de vigas é de 58, enquanto que o de pisos é 39 (vide Tabela 5, Tabela 6 e Tabela 7).

Tabela 5 - Vigas e lajes referentes ao pavimento inferior.

Pavimento inferior							
Lajes				Vigas			
Nome	Tipo	Altura (cm)	Elevação (cm)	Nome	Seção (cm)	Elevação	Nível (cm)
L1	Pré-moldada	13	0	V1	14x40	0	288
L2	Pré-moldada	13	0	V2	14x40	0	288
L3	Pré-moldada	13	-10	V3	14x40	0	288
L4	Pré-moldada	16	0	V4	14x40	0	288
L5	Pré-moldada	13	0	V5	14x40	0	288
L6	Pré-moldada	13	0	V6	14x40	0	288
L7	Pré-moldada	13	0	V7	14x40	0	288
L8	Pré-moldada	13	0	V8	14x50	0	288
L9	Pré-moldada	13	0	V9	14x40	0	288
L10	Pré-moldada	13	0	V10	14x40	0	288
L11	Pré-moldada	13	0	V11	14x40	0	288
L12	Pré-moldada	13	0	V12	14x40	0	288
L13	Pré-moldada	13	-10	V13	14x40	0	288
L14	Maciça	8	0	V14	14x40	0	288
				V15	14x40	0	288
				V16	25x50	0	288
					14x50	0	288
				V17	14x40	0	288
				V18	14x40	0	288
				V19	14x50	0	288
				V20	14x40	0	288
				V21	14x40	-144	144

Fonte: Elaborado pelo engenheiro (adaptado pelo autor, 2017).

Tabela 6 - Vigas e lajes referentes ao pavimento superior.

Pavimento superior							
Lajes				Vigas			
Nome	Tipo	Altura (cm)	Elevação (cm)	Nome	Seção (cm)	Elevação	Nível (cm)
L1	Pré-moldada	13	-10	V1	14x40	0	576
L2	Pré-moldada	13	0	V2	14x40	0	576
L3	Pré-moldada	13	0	V3	14x40	0	576
L4	Pré-moldada	13	0	V4	14x40	0	576
L5	Pré-moldada	13	0	V5	14x40	0	576
L6	Pré-moldada	13	0	V6	14x40	0	576
L7	Pré-moldada	13	0	V7	14x40	0	576
L8	Pré-moldada	13	0	V8	14x40	0	576
L9	Pré-moldada	13	0	V9	14x40	0	576
L10	Pré-moldada	13	0	V10	14x40	0	576
L11	Pré-moldada	13	0	V11	14x40	0	576
L12	Pré-moldada	13	0	V12	14x40	0	576
L13	Pré-moldada	13	0	V13	14x40	0	576
L14	Maciça	8	0	V14	14x40	0	576
L15	Pré-moldada	13	0	V15	14x40	0	576
				V16	14x50	0	576
				V17	20x40	0	576
				V18	14x40	0	576
				V19	14x40	0	576
				V20	14x50	0	576
				V21	14x40	0	576
				V22	14x40	-144	432

Fonte: Elaborado pelo engenheiro (adaptado pelo autor, 2017).

Tabela 7 - Vigas e lajes referentes à cobertura.

Cobertura							
Lajes				Vigas			
Nome	Tipo	Altura (cm)	Elevação (cm)	Nome	Seção (cm)	Elevação	Nível (cm)
L1	Pré-moldada	12	0	V1	14x40	0	864
L2	Pré-moldada	12	0	V2	14x40	27	891
L3	Pré-moldada	12	0	V3	14x40	27	891
L4	Pré-moldada	12	0	V4	14x40	0	864
L5	Pré-moldada	12	0	V5	14x40	0	864
L6	Pré-moldada	12	0	V6	14x40	0	864
L7	Pré-moldada	12	0	V7	14x40	27	891
L8	Pré-moldada	12	0	V8	14x40	0	864
L9	Pré-moldada	12	0	V9	14x40	0	864
L10	Pré-moldada	12	0	V10	14x40	0	864
				V11	14x40	0	864
				V12	14x40	27	891
				V13	14x40	0	864
				V14	14x40	0	864
				V15	14x40	0	864

Fonte: Elaborado pelo engenheiro (adaptado pelo autor, 2017).

3.4.1.2.1 Comparativo entre a modelagem e os projetos bidimensionais

Analisando-se a modelagem virtual e os projetos 2D, notou-se diferenças quanto às quantidades de vigas e lajes, necessitando-se assim buscar o motivo para tais discordâncias.

A diferença no número de vigas se deve a 3 fatores. O primeiro foi a necessidade de modelar 4 vigas para o torreão da caixa d'água que não constavam no projeto. O segundo motivo é o fato de que, no pavimento inferior, a V16 muda de seção (de 25 cm x 50 cm passa para 14 cm x 50 cm); essa mudança de seção é entendida pelo Revit como o surgimento de uma nova viga, contabilizando-se uma a mais que no projeto. Por fim, também na V16, no trecho de 25 cm x 50 cm, há a divisão da viga em duas pelo *software* Revit (não se sabe o motivo do mesmo). Assim, com as 4 vigas do torreão mais as 2 que aparecem a mais na V16, totaliza-se 64 vigas.

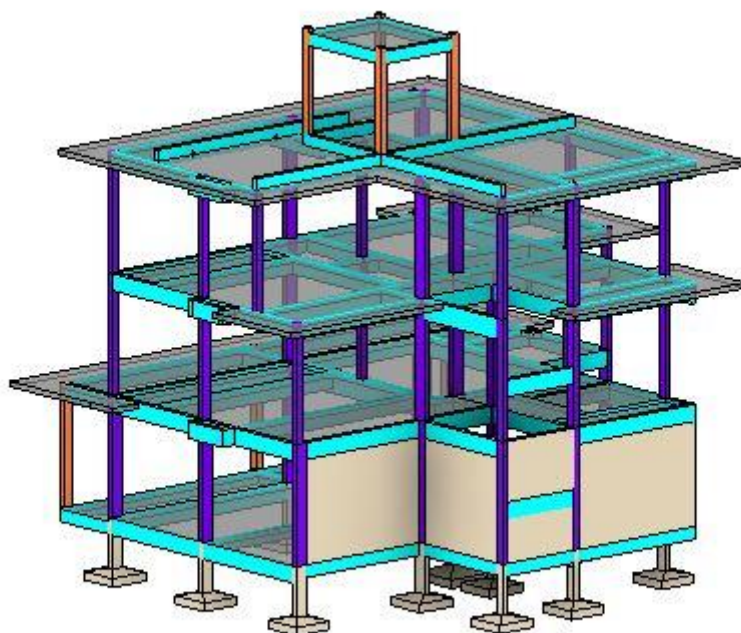
A grande diferença no número de lajes entre os dois projetos também pode ser explicada. No pavimento inferior, o engenheiro detalhou 14 lajes, no pavimento

superior, 15 lajes, e na cobertura, 10 lajes, totalizando 39 lajes. Na modelagem em Revit, para o pavimento inferior, modelou-se 13 lajes, pois a laje da escada seria modelada quando se modelasse a mesma, e mais 3 lajes referentes às abas de concreto armado não detalhadas no projeto em CAD. Para o pavimento superior, modelou-se 14 lajes (a laje da escada novamente não foi feita nessa etapa) e mais 4 lajes também referentes às abas de concreto armado. Por fim, na cobertura, modelou-se as 10 lajes de projeto; contudo, novamente teve de se modelar 1 laje para a aba de concreto armado e 1 laje para a parte superior do torreão para a caixa d'água (não consta em projeto). Assim, totalizou-se 46 lajes. Entretanto, os pisos referente à garagem não foram detalhados nos projetos estruturais entregues; por ser o pavimento que está em total contato com o solo, sua armação pode ter sido mais simples e, por esse motivo, decidiu-se não mostra-la em projeto. Por isso, necessitou-se a modelagem de 12 pisos a mais, totalizando assim 58 lajes.

Além dessas diferenças entre o número de vigas e lajes, houve a necessidade de se modelar 3 pilaretes (20 cm x 20 cm) na varanda da garagem ligados à aba de concreto armado do pavimento inferior e 4 pilaretes (14 cm x 20 cm) para o torreão da caixa d'água que não constam no projeto estrutural. Por escolha do autor, também se modelou 6 muros em locais onde haveria contato do solo com alvenaria. Para os pilaretes, empregou-se a família parametrizada COM-PLT-CON-Pilarete Retangular de Concreto, enquanto que para o muro se utilizou a família COM-STR-C20-Muro de Contenção 20 Mpa ($e=14$ cm), ambas do Grupo Comcasa.

A estrutura final do empreendimento pode ser observada na Figura 32.

Figura 32 - Conclusão da modelagem referente à estrutura da obra.



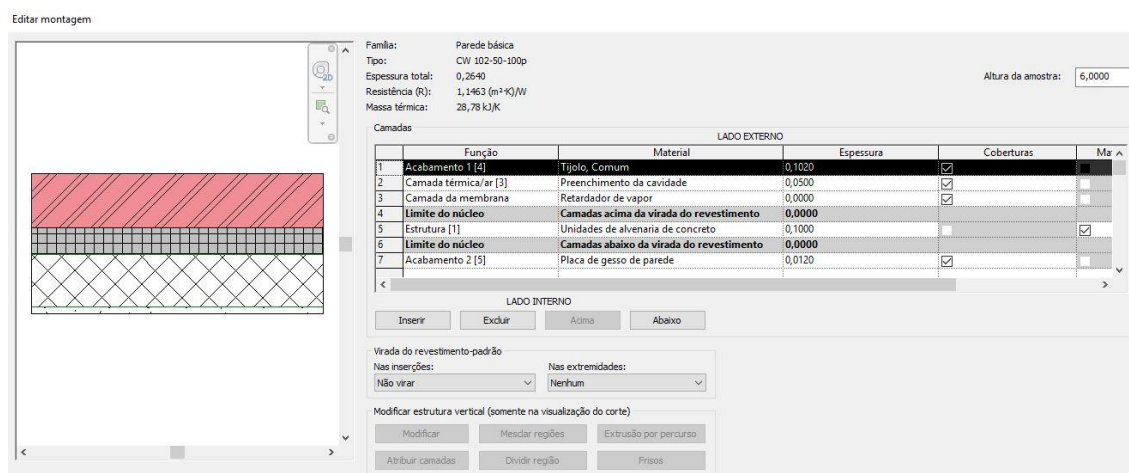
Fonte: Elaborado pelo autor (2017).

3.4.2 Modelagem da alvenaria

Com a importação das plantas arquitetônicas (vide Figura 22, Figura 23 e Figura 24), iniciou-se a modelagem da alvenaria da obra.

Tradicionalmente, quando o intuito do uso do *software* Revit é apenas a apresentação de uma maquete virtual do empreendimento, cria-se, no momento da colocação da alvenaria, várias camadas de materiais e espessuras distintas, cada uma representando um revestimento a ser empregado em obra.

Figura 33 - Exemplo de alvenaria composta por várias camadas.



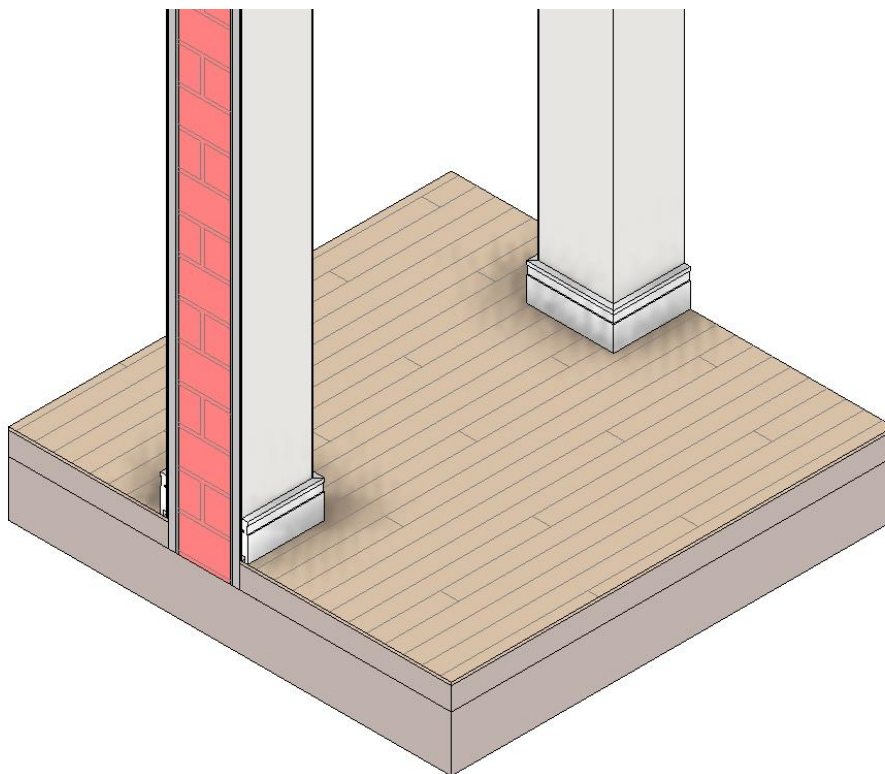
Fonte: Autodesk Revit, 2016.

Contudo, dependendo do grau de complexidade arquitetônica do projeto, a utilização desse recurso para a modelagem das alvenarias pode gerar falhas no quantitativo e, conseqüentemente, na orçamentação da obra.

Quando se modela as paredes em camada única (osso + revestimento), não é possível controlar onde começa e onde termina cada uma das camadas que compõem a parede em questão. Assim, haverá casos onde os revestimentos vão se sobrepor com vigas e lajes. Um segundo exemplo seria com a aplicação de forros de gesso: modelando-se camada única, todos os revestimentos irão terminar na mesma altura, mas na prática a pintura, ou cerâmica da parede, chega até o forro e apenas o chapisco e o reboco sobem mais um pouco, porém não chegam até o teto.

Ao se modelar as camadas de forma separada, é possível controlar as alturas de forma exata e todos os quantitativos são gerados de forma precisa ao que se encontrará na obra.

Figura 34 - Exemplo de erro ao se modelar paredes em camada única (osso + revestimento).

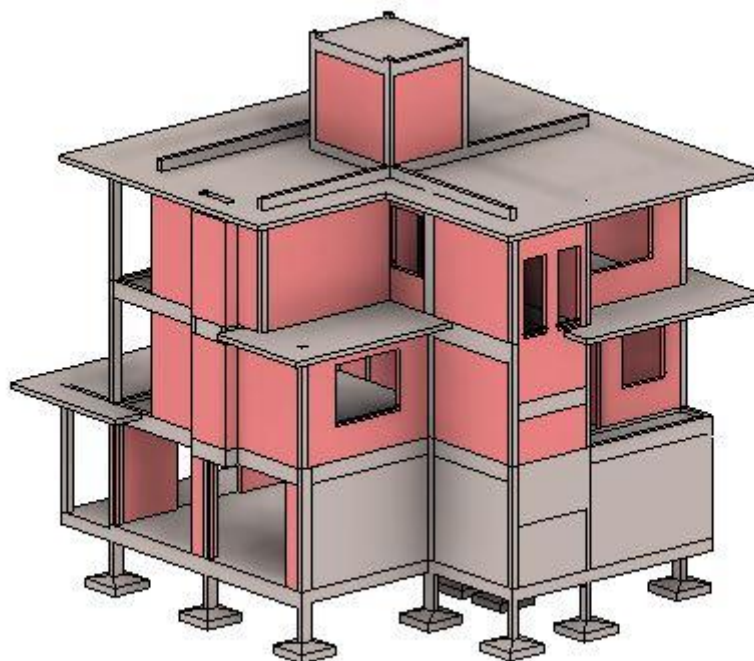


Fonte: Elaborado pelo autor (2017).

Além disso, novamente com o intuito de permitir a utilização do modelo virtual em questão no *software* Autodesk Navisworks, optou-se por modelar a alvenaria de forma separada dos revestimentos. Caso não se fizesse a modelagem por esse método, popularmente conhecido como método de camadas ou “cebola”, na hora de se unir o modelo virtual com o planejamento da obra, o Navisworks faria a leitura de que, em determinado momento do cronograma, não apenas a alvenaria seria executada, bem como todos os seus revestimentos, como chapisco, emboço, pinturas e texturas, por exemplo, o que não condiz com a realidade.

Desse modo, para a modelagem das alvenarias (Figura 35) se utilizou a família parametrizada COM-ALV-CE2-Bloco Cerâmico ($e=14$ cm), do Grupo Comcasa.

Figura 35 - Modelagem das alvenarias no software Autodesk Revit.



Fonte: Elaborado pelo autor (2017).

3.4.3 Modelagem das esquadrias – portas, janelas e portões

Para a colocação das esquadrias, necessitou-se apenas a identificação das aberturas nas plantas arquitetônicas e as informações disponibilizadas pelo engenheiro quanto a largura, altura, peitoril (no caso das janelas) e o sistema (material) a ser empregado (vide Tabela 8 e Tabela 9).

Tabela 8 - Descrição das portas por pavimento.

Portas				
Garagem				
Tipo	Largura (m)	Altura (m)	Quantidade	Sistema/Material
P1	0,60	2,10	2	Interna - Abrir/Madeira
P2	0,90	2,10	1	Interna - Abrir/Madeira
P3	1,80	2,10	1	Externa - Correr/Alumínio e Vidro
P4	3,05	2,40	1	Externa - Elevação/Alumínio
P5	3,10	2,40	1	Externa - Elevação/Alumínio
Pavimento inferior				
P1	0,70	2,10	2	Interna - Abrir/Madeira
P2	0,80	2,10	2	Interna - Abrir/Madeira
P3	0,80	2,10	1	Interna - Correr/Madeira
P4	0,90	2,10	1	Externa - Abrir/Madeira
P5	1,20	2,10	1	Externa - Correr/Alumínio e Vidro
P6	1,80	2,10	1	Externa - Correr/Alumínio e Vidro
Pavimento superior				
P1	0,70	2,10	2	Interna - Abrir/Madeira
P2	0,80	2,10	3	Interna - Abrir/Madeira
P3	1,00	2,10	1	Interna - Correr/Madeira
P4	1,80	2,10	1	Externa - Abrir/Alumínio, Vidro e Veneziana

Fonte: Elaborado pelo engenheiro (adaptado pelo autor, 2017).

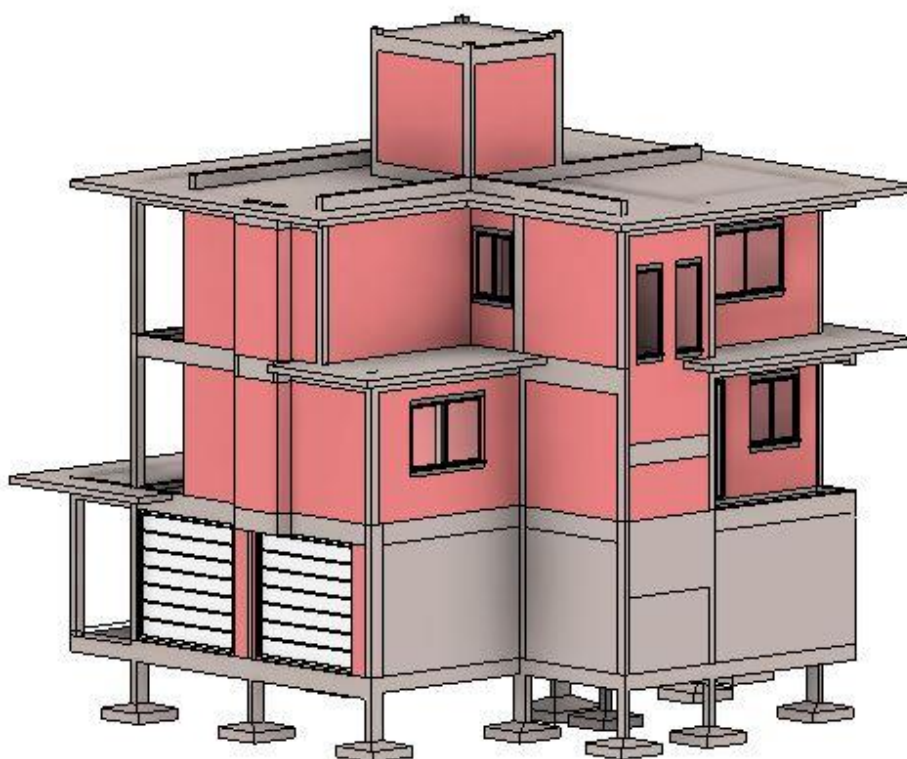
Tabela 9 - Descrição das janelas por pavimento.

Janelas					
Garagem					
Tipo	Largura (m)	Altura (m)	Peitoril (m)	Quantidade	Sistema/Material
J1	0,70	0,60	1,50	1	Máximo Ar/Alumínio e Vidro
J2	1,20	0,60	1,50	1	Máximo Ar/Alumínio e Vidro
J3	1,20	0,90	1,20	1	De Correr/Alumínio e Vidro
J4	1,80	1,20	0,90	2	De Correr/Alumínio e Vidro
Pavimento inferior					
J1	0,60	1,60	1,94	2	Fixa/Alumínio e Vidro
J2	0,80	0,60	1,50	1	Máximo Ar/Alumínio e Vidro
J3	1,20	1,20	0,90	1	De Correr/Alumínio, Vidro e Veneziana
J4	1,50	0,90	1,20	1	De Correr/Alumínio e Vidro
J5	1,80	0,90	1,20	1	De Correr/Alumínio e Vidro
J6	1,80	1,20	0,90	1	De Correr/Alumínio, Vidro e Veneziana
Pavimento superior					
J1	0,60	1,60	1,94	2	Máximo Ar/Alumínio e Vidro
J2	0,80	0,60	1,50	2	Máximo Ar/Alumínio e Vidro
J3	1,80	1,20	0,90	2	De Correr/Alumínio, Vidro e Veneziana

Fonte: Elaborado pelo engenheiro (adaptado pelo autor, 2017).

Com o intuito de simplificar o processo de modelagem, empregou-se apenas duas famílias parametrizadas de janelas (COM-JAN-JCO-Janela de Correr 2 Folhas e COM-JAN-JMX-Janela Maxim-Ar 1 Folha) e quatro famílias parametrizadas de portas (COM-POR-PMA-Porta de Abrir 1 Folha, COM-POR-PAL-Porta de Correr Duas Folhas, COM-POR-ABR-Abertura e COM-POR-PRT-Portão), todas do Grupo Comcasa.

Figura 36 - Inserção de portas, janelas e portões.



Fonte: Elaborado pelo autor (2017).

3.4.4 Modelagem dos revestimentos de paredes e pisos

Como explanado anteriormente, separou-se a modelagem da alvenaria da modelagem de seus revestimentos, optando-se por um método de camadas. Esse método se baseia em desenhar todas as camadas de revestimentos como se fossem paredes independentes, dando a cada uma delas as características de um revestimento em específico. Assim, determinou-se quais revestimentos seriam

empregados tanto do lado interno como do lado externo da obra. O resultado pode ser observado na Tabela 10 e Tabela 11. No muro de contenção, em decorrência do mesmo estar em contato com o solo, revestiu-se apenas até a membrana impermeabilizante.

Tabela 10 - Revestimentos empregados no lado externo da obra.

Lado externo	
Revestimento	Espessura (mm)
Chapisco	7
Emboço grosso	20
Membrana impermeabilizante líquida à base de emulsão acrílica	1
Tinta acrílica PVA fosca - Amarelo	2

Fonte: Elaborado pelo autor (2017).

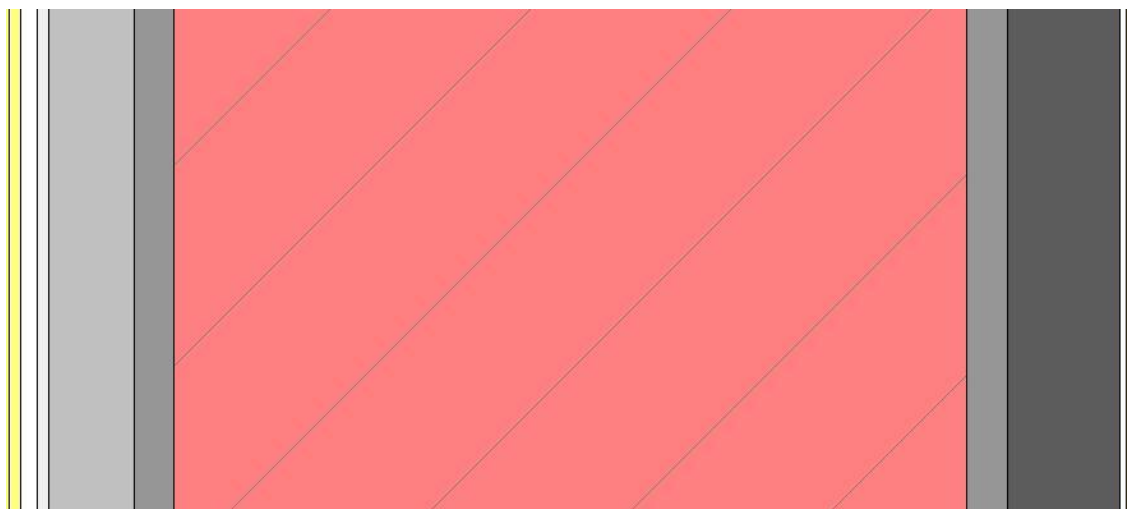
Tabela 11 - Revestimentos empregados no lado interno da obra.

Lado interno	
Revestimento	Espessura (mm)
Chapisco	7
Emboço médio	15
Selador acrílico	2
Massa corrida base PVA	3
Tinta acrílica PVA fosca - Amarelo	2

Fonte: Elaborado pelo autor (2017).

A Figura 37 mostra esse detalhamento: a parte esquerda da figura representa o lado interno da residência, enquanto a parte direita, o externo. O meio da imagem representa a alvenaria modelada nas etapas anteriores, com 14 cm de espessura.

Figura 37 - Detalhamento de uma alvenaria com seus revestimentos.



Fonte: Elaborado pelo autor (2017).

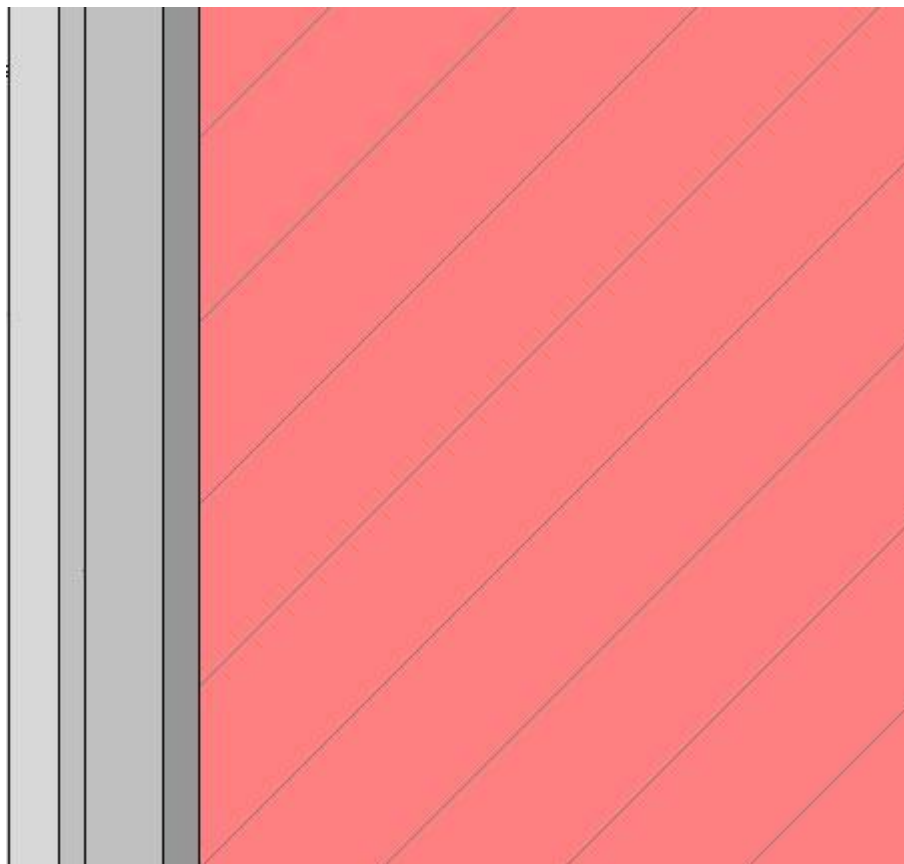
O revestimento das paredes de áreas molhadas foi feito da mesma forma, mudando-se apenas os revestimentos escolhidos, como pode se observar na Tabela 12.

Tabela 12 - Revestimentos empregados no lado interno da obra, em áreas molhadas.

Lado interno - Áreas molhadas	
Revestimento	Espessura (mm)
Chapisco	7
Emboço médio	15
Argamassa colante AC-I	5
Cerâmica retificada 30,5x60,5 cm	10

Fonte: Elaborado pelo autor (2017).

Figura 38 - Detalhamento de uma alvenaria de área molhada com seus revestimentos



Fonte: Elaborado pelo autor (2017).

A modelagem em camadas também foi empregada para os pisos. A única distinção que houve também se deve à diferença entre os pisos das áreas secas e molhadas. A caracterização dos mesmos pode ser encontrada na Tabela 13 e Tabela 14.

Tabela 13 - Revestimentos empregados nos pisos das áreas secas.

Áreas secas	
Revestimento	Espessura (mm)
Contrapiso	52
Laminado	8

Fonte: Elaborado pelo autor (2017).

Tabela 14 - Revestimentos empregados nos pisos das áreas molhadas.

Áreas molhadas	
Revestimento	Espessura (mm)
Contrapiso	45
Argamassa colante AC-I	5
Porcelanato polido 60x60 cm	10

Fonte: Elaborado pelo autor (2017).

A Figura 39 mostra esse detalhamento: na parte esquerda da imagem, encontra-se uma área seca, revestida por contrapiso e laminado de madeira, enquanto que no lado direito há uma área molhada revestida por contrapiso, argamassa colante e porcelanato.

Figura 39 - Detalhamento do revestimento dos pisos.



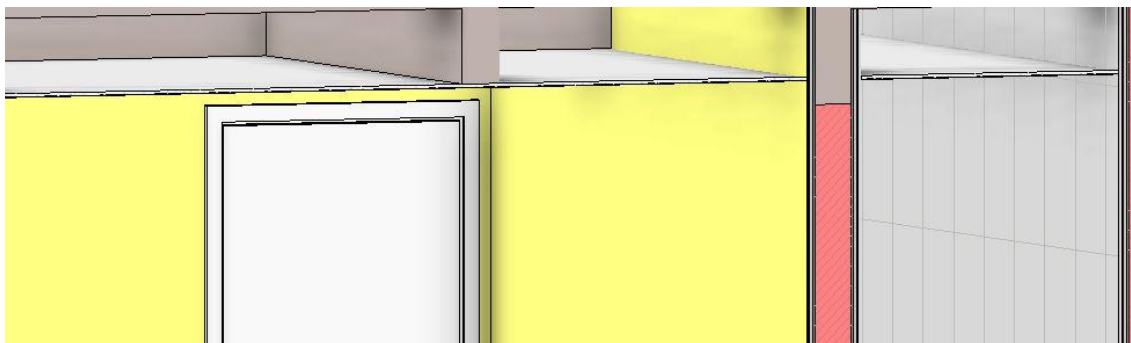
Fonte: Elaborado pelo autor (2017).

Todas as famílias empregadas para a modelagem dessa etapa também foram fornecidas pelo Grupo Comcasa, inclusive a dimensão empregada para cada revestimento.

3.4.5 Modelagem dos forros

Para a modelagem dos forros, empregou-se 3 famílias: COM-FOR-GE1-Gesso Convencional Liso (primeira camada, com 1,2 cm de espessura), COM-SUB-FP2-Fundo Preparador Base Água (camada intermediária, com 1,0 mm de espessura) e COM-TET-PT1-Pintura Branco (última camada, também com 1,0 mm de espessura) (Grupo Comcasa).

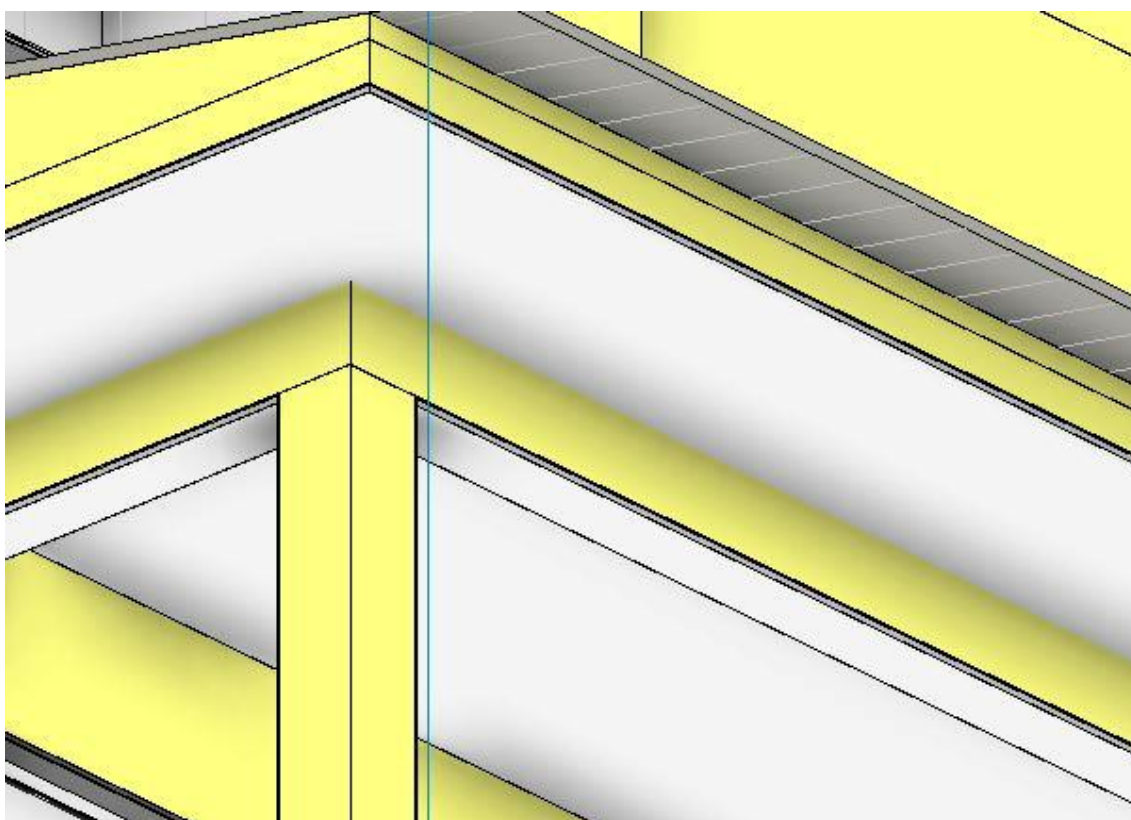
Figura 40 - Modelagem dos forros.



Fonte: Elaborado pelo autor (2017).

A função “Forro” também foi utilizada para revestir vigas e tetos externos. A diferença, nesses casos, foram as camadas empregadas: por não se tratar de gesso, empregou-se chapisco (7,0 mm), emboço médio (15,0 mm) e pintura branca (1,0 mm).

Figura 41 - Emprego da função "Forro" para vigas e tetos externos.

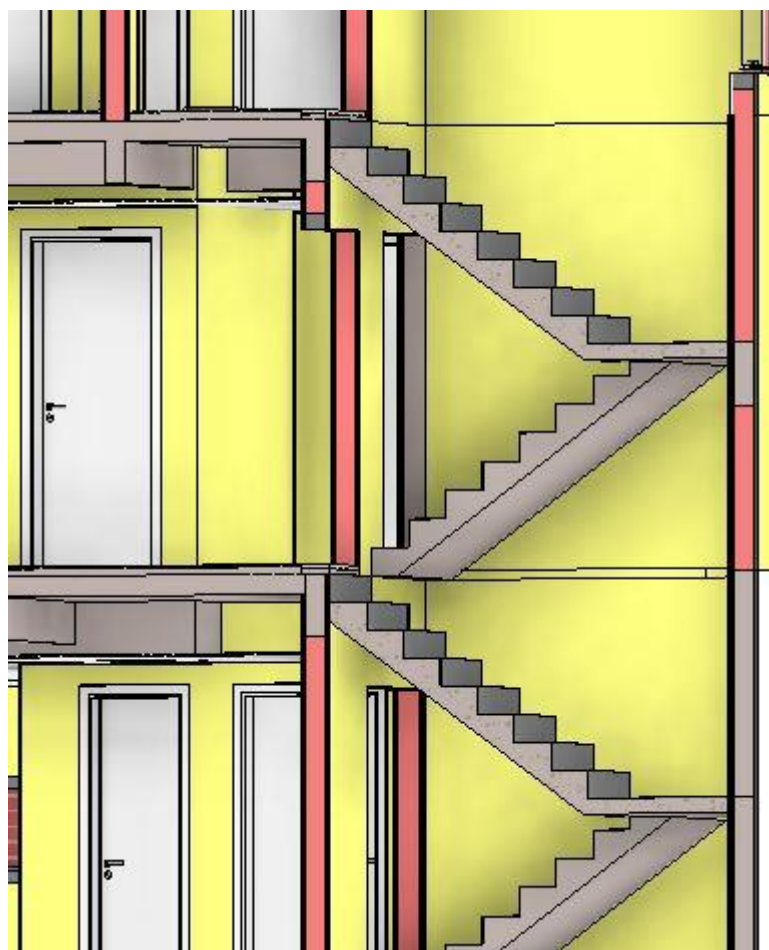


Fonte: Elaborado pelo autor (2017).

3.4.6 Modelagem da escada

A modelagem da escada foi feita de maneira simples, com uma família parametrizada do Grupo Comcasa (COM-ESC-C30) que seguiu as definições de projeto com relação ao espelho (18 centímetros) e ao piso (25 centímetros).

Figura 42 - Escada moldada no local.



Fonte: Elaborado pelo autor (2017).

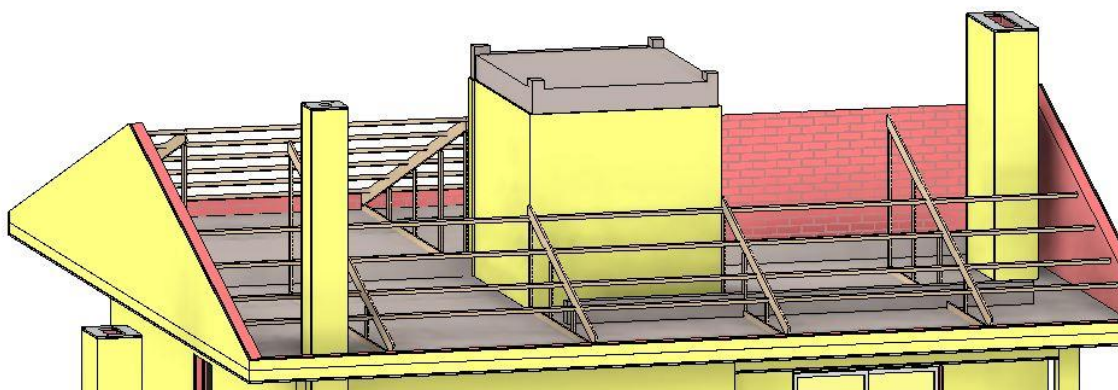
3.4.7 Modelagem da cobertura

Uma das últimas etapas da modelagem consistiu no madeiramento e na colocação do telhado. Por não haver muitas informações sobre como seria a exata execução da estrutura, as definições com relação às treliças e terças foram todas feitas pelo autor (respeitou-se, contudo, a inclinação das telhas que, conforme projeto, era de 35%).

Dessa forma, primeiramente foi necessário modelar o telhado, empregando a família parametrizada COM-COB-FCM-Telha de Fibrocimento Ondulada (6 mm) (Grupo Comcasa), definindo-se nessa etapa a inclinação e o número de águas. A utilização de telha de fibrocimento se deu apenas para fins de facilitar a modelagem e a visualização do telhado concluído: não se tratou de uma especificação do engenheiro visto que o projeto de lei 179/2008 foi aprovado pela Assembleia Legislativa de Santa Catarina em 2016, quando se proibiu toda a cadeia produtiva de amianto no estado.

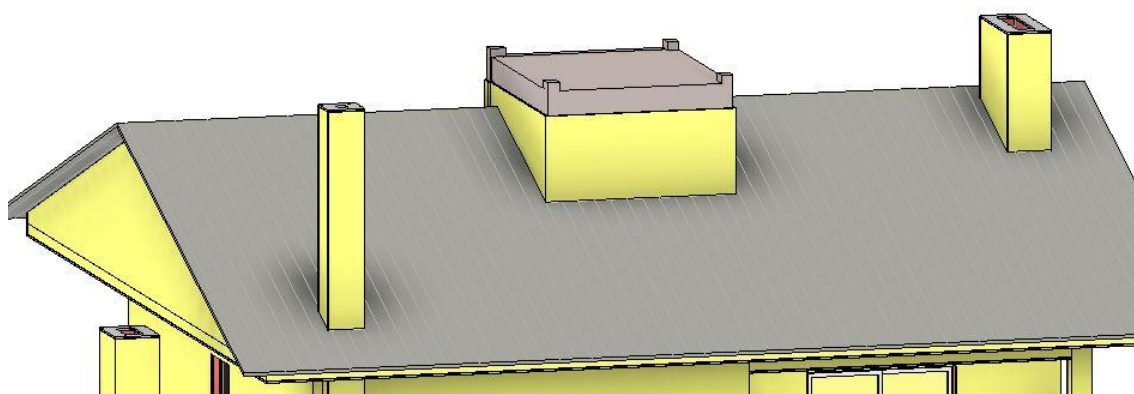
Após isso, acrescentou-se as famílias de treliças (COM-TRS-MAD-Tesoura de Madeira) e terças (COM-MON-TER-Terça de Pinheiro), ambas do Grupo Comcasa, anexando-se o topo de ambas à base do telhado, adquirindo-se assim uma forma muito similar ao que se encontraria na obra.

Figura 43 - Colocação das treliças e terças.



Fonte: Elaborado pelo autor (2017).

Figura 44 - Modelagem do telhado.

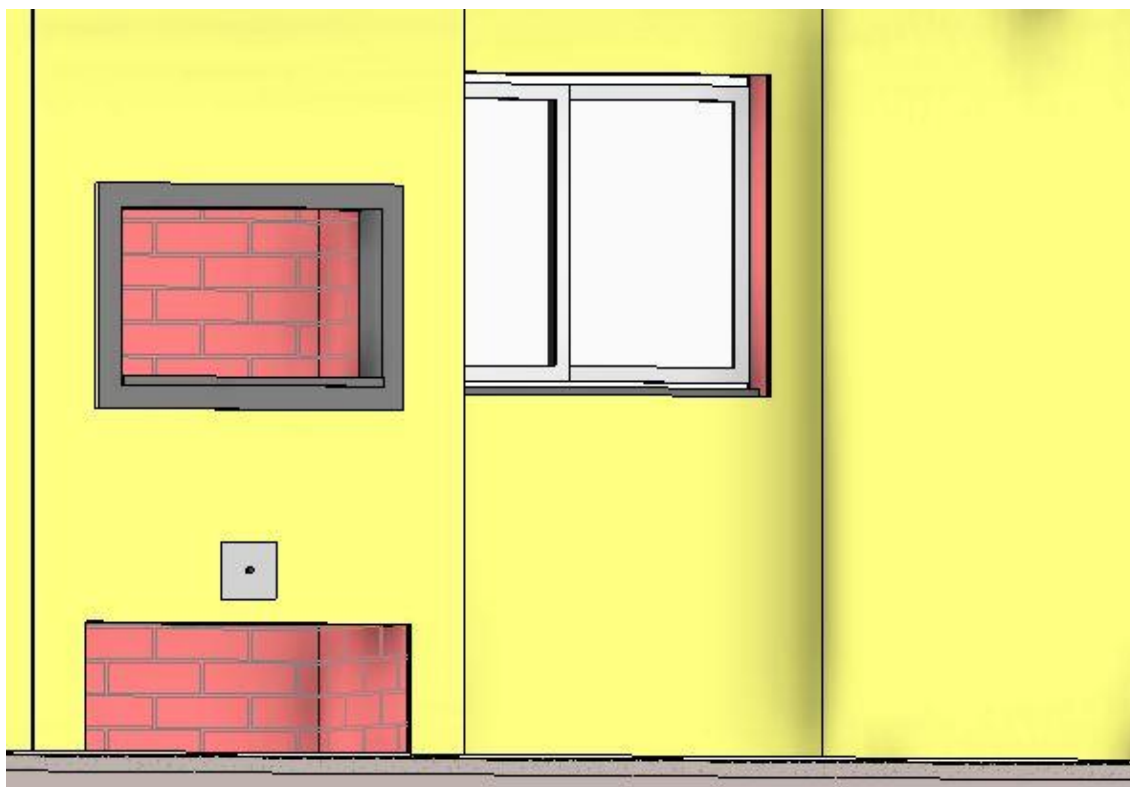


Fonte: Elaborado pelo autor (2017).

3.4.8 Acessórios

Como etapa final, acrescentou-se acessórios com o intuito de que a modelagem ficasse ainda mais próxima à realidade. Assim, primeiramente foi adicionada uma churrasqueira parametrizada fornecida pelo Grupo Comcasa (COM-SPE-Churrasqueira) no pavimento garagem.

Figura 45 - Churrasqueira acrescentada à garagem.



Fonte: Elaborado pelo autor (2017).

Às sacadas do pavimento inferior e superior, modelou-se guarda-corpos de alumínio e vidro. Além disso, para os ambientes internos, acrescentou-se dois tipos de rodapés, ambos parametrizados e fornecidos pelo Grupo Comcasa: COM-ROD-LAM-Rodapé Lâmina de Madeira (para os ambientes secos) e COM-ROD-PO1-Rodapé Porcelanato (para os ambientes molhados).

Figura 46 - Guarda-corpo e, ao fundo, rodapé de lâmina de madeira.



Fonte: Elaborado pelo autor (2017).

Por fim, acrescentou-se a todas as portas uma soleira de pedra de 2,5 centímetros (COM-PED-SOL-Soleira). Todas foram posicionadas acima de uma camada de argamassa colante (0,5 centímetros) que, por sua vez, encontrava-se acima de 3,0 centímetros de contrapiso (as famílias eram as mesmas empregadas em áreas molhadas).

Figura 47 - Colocação de soleira nas portas.

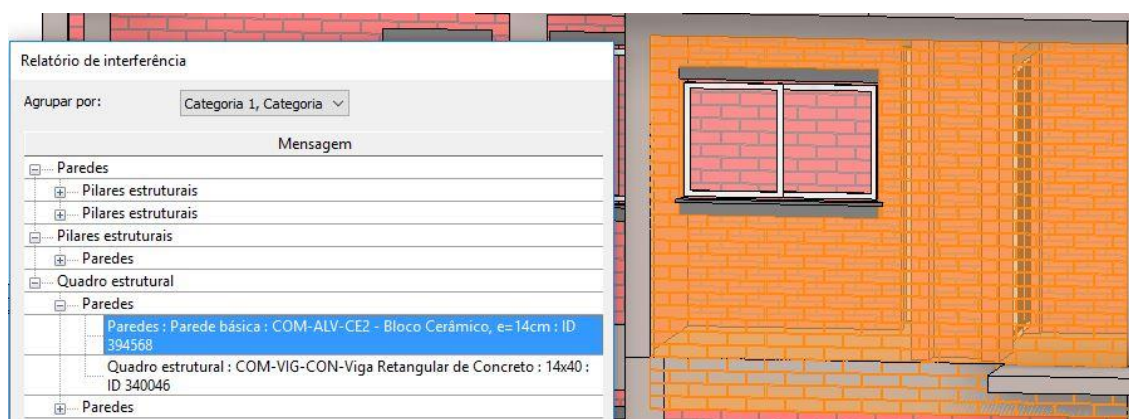


Fonte: Elaborado pelo autor (2017).

3.5 COMPATIBILIZAÇÕES ENTRE DISCIPLINAS

A compatibilização entre os projetos estruturais e arquitetônicos foi feita no decorrer do processo de modelagem. Ela se deu, basicamente, de duas formas. Primeiramente, realizava-se a análise a olho nu do modelo virtual, buscando-se detectar interferências, incompatibilidades e discrepâncias entre os projetos. A segunda se trata de um artifício disponibilizado pelo *software* Autodesk Revit: localizado na aba “Colaborar”, há a opção “Verificação de interferência”. Através dela, pode-se selecionar determinados elementos para ver se há conflitos entre eles ou entre eles e outras famílias. A partir da detecção de qualquer interferência, necessitava-se análise e posterior solução da mesma.

Figura 48 - Relatório de interferência mostrando parede e viga ocupando mesmo espaço.



Fonte: Elaborado pelo autor (2017).

4 ANÁLISE DE RESULTADOS

4.1. MODELAGEM DA OBRA

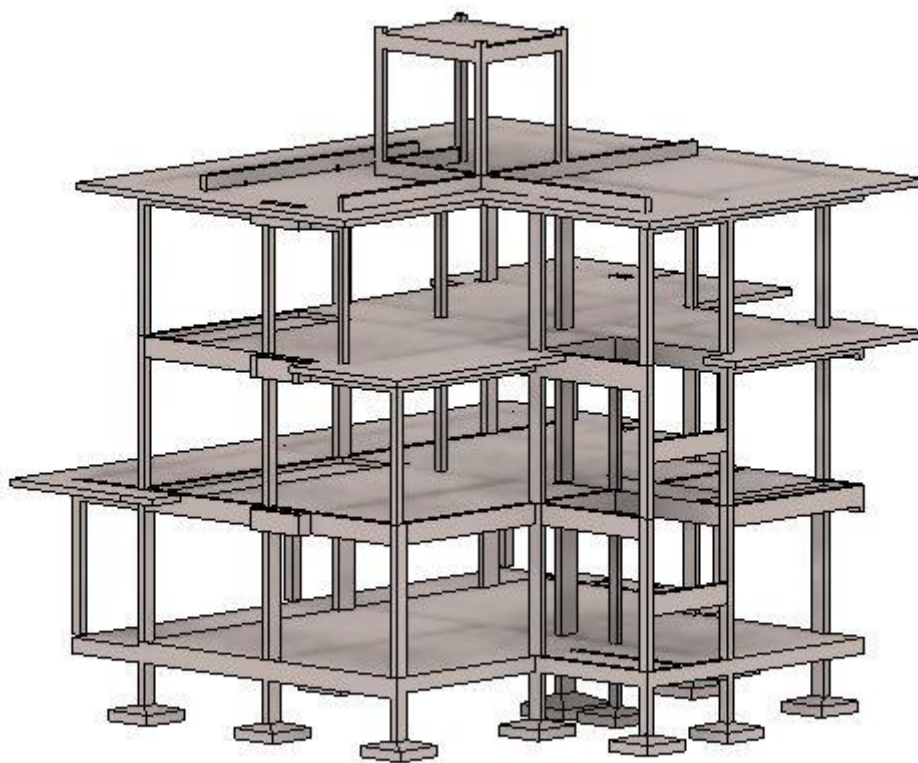
A modelagem pode ser dividida em duas etapas: estrutural e arquitetônica. Em decorrência de todas as famílias empregadas no presente trabalho terem sido gentilmente fornecidas pelo Grupo Comcasa, nenhuma etapa preliminar de desenvolvimento de famílias ou caracterização de materiais se fez necessária.

4.1.1 Modelagem estrutural

Compreendeu a planta de locação das sapatas e posterior posicionamento dos pilares colarinhos, além das plantas de formas das vigas baldrame e formas do pavimento inferior, superior e da cobertura.

Foi feita de maneira muito simples e de forma mais rápida se comparada à modelagem arquitetônica. Como todas as famílias utilizadas eram parametrizadas e provenientes de um único fornecedor (Grupo Comcasa), a comunicação entre as mesmas facilitou todo o processo, bastando ao autor colocar cada estrutura de concreto armado em seu devido lugar com as dimensões requeridas em projeto.

Figura 49 - Modelagem estrutural da obra.



Fonte: Elaborado pelo autor (2017).

4.1.2 Modelagem arquitetônica

Compreendendo a modelagem da garagem, pavimento inferior, superior e torre da caixa d'água, a modelagem arquitetônica tomou um tempo muito maior do que o esperado, e isso se deve à três fatores: inexperience com o *software* Autodesk Revit, utilização da modelagem por camadas e grande grau de detalhamento.

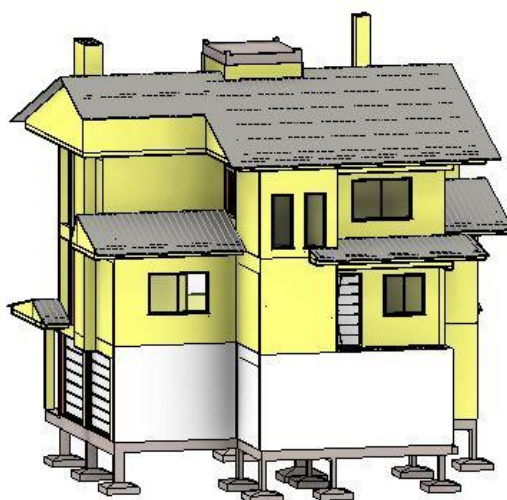
Por se tratar do primeiro contato com o Revit, a modelagem naturalmente tomaria um tempo maior. Erros simples que não seriam cometidos por usuários mais experientes ocorreram diversas vezes. Além disso, pode-se afirmar que o *software* não foi empregado de maneira plena, visto que várias de suas funções não foram exploradas: com mais tempo de uso, cometer-se-ia muito menos erros e, mesmo

com o surgimento de alguma incompatibilidade ou problema, o conhecimento pleno do Revit faria com que os mesmos fossem resolvidos muito mais rapidamente.

A modelagem por camadas, contudo, foi a etapa mais demorada e trabalhosa de todo o processo. Como visto nos itens 3.4.4. Modelagem dos revestimentos de paredes e pisos e 3.4.5. Modelagem dos forros, optou-se por modelar individualmente cada camada que revestisse a alvenaria e os pisos, além do emprego de um forro também composto por mais de uma camada. Em decorrência disso, modelou-se 134 forros, 160 pisos e 1437 paredes. Com isso, quando se detectava uma interferência entre uma parede externa e uma viga, por exemplo, a interferência era contabilizada 10 vezes, pois cada camada de parede apresentava a mesma interferência (lado externo, composto por chapisco, emboço grosso, membrana impermeabilizante e tinta + alvenaria + lado interno, composto por chapisco, emboço médio, selador, massa corrida e tinta).

Além disso, por se buscar um modelo que descrevesse a realidade e não apenas a elaboração de uma maquete virtual, o grande grau de detalhamento contribuiu para uma demora maior na conclusão do processo de modelagem. A instalação de churrasqueira, guarda-corpos, soleiras, rodapés, além da própria caracterização das camadas de revestimentos e forros tomou uma grande quantidade de tempo e colaborou para que a modelagem arquitetônica fosse muito mais complexa que a modelagem estrutural.

Figura 50 - Término do processo de modelagem.



4.2 PROCESSO DE COMPATIBILIZAÇÃO

Conforme se avançava a modelagem da obra, fazia-se necessária a compatibilização entre os projetos estruturais e arquitetônicos. A Tabela 15 lista as correções que se fizeram necessárias, descrevendo-as e explicando a solução adotada para cada um dos casos.

Tabela 15 - Compatibilizações feitas entre projetos.

#	Disciplina	Tipo	Descrição	Solução
1	Estrutural	Incoerência	Dimensões da sapata 02 diferem da tabela descritiva de fundações	Empregou-se dimensões da planta de locação das sapatas
2	Estrutural	Incoerência	Dimensões da sapata 08 diferem da tabela descritiva de fundações	Empregou-se dimensões da planta de locação das sapatas
3	Estrutural	Incoerência	Dimensões da viga baldrame V13 (nível -10 cm) diferem da tabela descritiva	Empregou-se dimensões da planta de formas
4	Estrutural	Incoerência	Dimensões do P5 diferem de sua nomenclatura (pav. inferior)	Empregou-se dimensões da planta de formas
5	Estrutural	Incoerência	Dimensões da viga V16 (pav. inferior) diferem da tabela descritiva	Empregou-se dimensões da planta de formas
6	Estrutural	Inconsistência	Espessura da aba de concreto faltante no pav. inferior	Empregou-se espessura de 13 cm
7	Estrutural	Inconsistência	Espessura da aba de concreto faltante no pav. superior	Empregou-se espessura de 13 cm
8	Estrutural	Inconsistência	Espessura da aba de concreto faltante na cobertura	Empregou-se espessura de 13 cm
9	Estrutural	Inconsistência	Dimensionamento da torre da caixa d'água faltante	Assumiu-se dimensões sem cálculo estrutural
10	Estrutural	Desalinhamento	Pilar colarinho P6 desalinhado 0,5 cm do eixo da viga baldrame V5	Alinhamento entre pilar e viga
11	Estrutural	Desalinhamento	Pilar colarinho P11 desalinhado 1,0 cm com sua continuação na planta de vigas baldrames	Sapata 11 levada 1,0 cm para cima (eixo Y)
12	Estrutural	Desalinhamento	Pilar P11 desalinhado 1,0 cm do eixo da viga V9 (pav. inferior)	Alinhamento entre pilar e viga
13	Estrutural	Desalinhamento	Viga V21 (pav. inferior) desalinhada 0,5 cm do eixo da viga baldrame V9	Viga V21 (pav. inferior) levada 0,5 cm para baixo (eixo Y)
14	Estrutural	Desalinhamento	Viga V3 (pav. superior) desalinhada 0,5 cm do eixo da viga V4 (pav. inferior)	Viga V3 (pav. superior) levada 0,5 cm para baixo (eixo Y)
15	Estrutural	Desalinhamento	Viga V8 (pav. superior) desalinhada 0,5 cm do eixo da viga V7 (pav. inferior)	Viga V8 (pav. superior) levada 0,5 cm para baixo (eixo Y)
16	Estrutural	Incoerência	Dimensões da viga V2 (cobertura) diferem da tabela descritiva	Empregou-se dimensões da tabela descritiva
17	Estrutural	Desalinhamento	Viga V3 (cobertura) desalinhada 0,5 cm do eixo da viga V4 (pav. superior)	Viga V3 (cobertura) levada 0,5 cm para cima (eixo Y)

18	Estrutural	Desalinhamento	Viga V5 (cobertura) desalinhada 0,5 cm do eixo da viga V6 (pav. superior)	Viga V5 (cobertura) levada 0,5 cm para baixo (eixo Y)
19	Estrutural	Desalinhamento	Viga V8 (cobertura) desalinhada 1,0 cm do eixo da viga V12 (pav. superior)	Viga V8 (cobertura) levada 1,0 cm para cima (eixo Y)
20	Estrutural	Desalinhamento	Viga V9 (cobertura) desalinhada 0,5 cm do eixo da viga V22 (pav. superior)	Viga V22 (pav. superior) levada 0,5 cm para baixo (eixo Y)
21	Estrutural	Desalinhamento	Viga V6 (cobertura) desalinhada 0,5 cm do eixo da viga V8 (pav. superior)	Viga V6 (cobertura) levada 0,5 cm para cima (eixo Y)
22	Estrutural	Incoerência	Dimensões da viga V14 (cobertura) diferem da tabela descritiva	Empregou-se dimensões da tabela descritiva
23	Estrutural-Arquitetônico	Incoerência	Paredes arquitetônicas desenhadas com 15 cm desalinhadas com vigas de 14 cm de largura (todos os pavimentos)	Emprego de alvenaria com 14 cm e alinhamento com vigas
24	Estrutural-Arquitetônico	Interferência	Interferência entre alvenaria de 14 cm e pilar de 14 cm x 15 cm (pav. superior)	Formação de dente na área de circulação
25	Estrutural-Arquitetônico	Interferência	Interferência entre pilares P3 e P4 (garagem) e vão para esquadria J4	Alteração do vão de 1,80 m x 1,20 m para 1,50 m x 1,20 m
26	Arquitetônico	Incoerência	Colocação de um portão (3,05 m x 2,40 m) como porta de acesso à escada (garagem)	Colocação de uma abertura de 1,00 m x 2,10 m
27	Estrutural-Arquitetônico	Interferência	Interferência entre pilares P1, P6 e P10 (garagem) e vão para esquadrias P4 e P5	Alteração de ambos os vãos para 2,60 m x 2,40 m
28	Estrutural-Arquitetônico	Interferência	Interferência entre pilar P9 (pav. inferior) e vão para esquadria J3	Alteração do vão de 1,20 m x 1,20 m para 0,80 m x 1,20 m
29	Arquitetônico	Interferência	Interferência entre alvenaria e vão para esquadria P4 (pav. inferior)	Alteração do vão de 0,90 m x 2,10 m para 0,80 m x 2,10 m
30	Arquitetônico	Interferência	Interferência entre alvenaria e vão para esquadria P1 (pav. superior)	Alteração do vão de 0,70 m x 2,10 m para 0,60 m x 2,10 m
31	Arquitetônico	Inconsistência	Colocação de vão na planta (pav. superior) mas não na tabela de esquadrias	Colocação de esquadria (1,00 m x 1,20 m)
32	Estrutural-Arquitetônico	Interferência	Interferência entre esquadrias frontais (0,60 m x 1,60 m) e viga da escada	Redução no número de esquadrias e alteração do peitoril

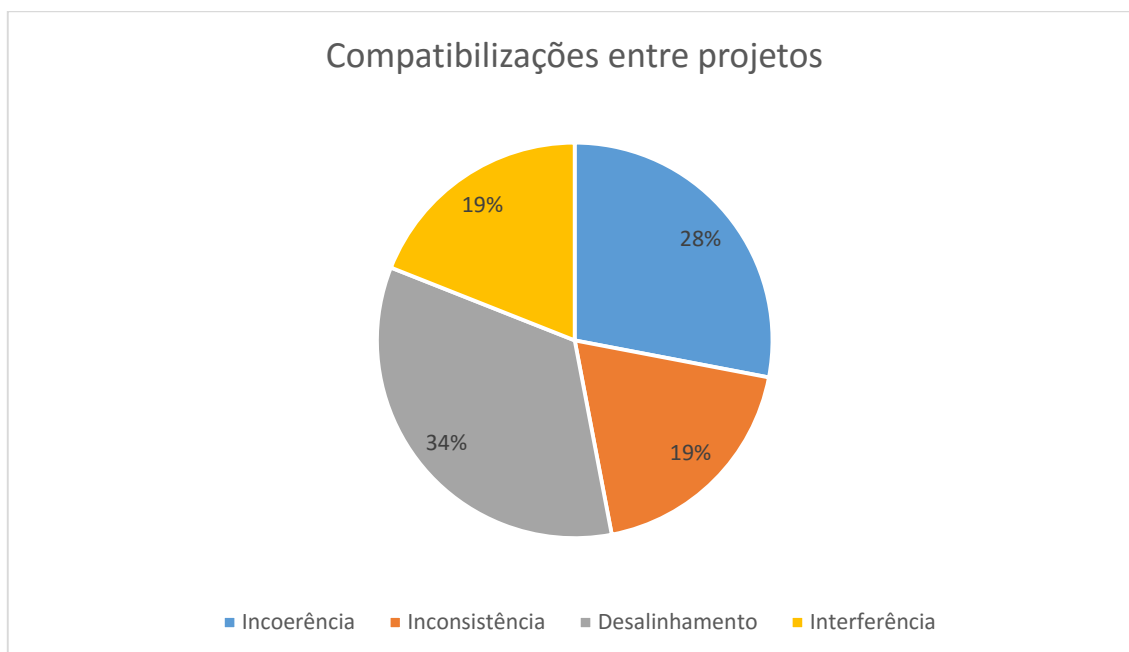
Fonte: Elaborado pelo autor (2017).

Para uma melhor descrição dos problemas encontrados, optou-se por classificar os mesmos em quatro categorias, explanadas abaixo:

- **Incoerência:** trata-se de informações conflitantes, por exemplo, entre um projeto de formas e uma tabela descritiva das vigas encontradas no mesmo. Por tabelar informações de maneira automatizada, esses conflitos não existiriam caso se empregasse o *software* Autodesk Revit. Tal problemática não representa um risco para a estabilidade estrutural da obra, nem algo a comprometer sua arquitetura, porém sua resolução poderia tomar um tempo no canteiro de obra até que se descobrisse quais dos valores ou dimensões de fato devem ser empregados.
- **Inconsistência:** refere-se à informações faltantes, como nos casos do dimensionamento da torre da caixa d'água e das abas de concreto armado. Aqui não se trata de um erro que seria corrigido pelo uso do Revit, mas sim de decisões que tiveram de ser tomadas pelo próprio autor para prosseguimento da modelagem.
- **Desalinhamento:** pequenas diferenças encontradas nas estruturas de concreto armado entre seu posicionamento em dois diferentes níveis, por exemplo. Mesmo sendo diferenças mínimas, a presença das mesmas era prejudicial para uma boa modelagem. Além disso, empregou-se nos projetos arquitetônicos a dimensão de 15 cm para as paredes, sendo que blocos cerâmicos de vedação tradicionalmente apresentam 14 cm de largura; com isso, havia o desalinhamento entre vigas e paredes. Contudo, na modelagem, empregou-se na alvenaria a espessura padrão de 14 cm e posterior emprego dos revestimentos, cada qual com uma espessura, como já apresentado nos itens anteriores. Esses desalinhamentos podem passar despercebidos ao se utilizar desenhos 2D, onde por vezes não há a sobreposição dos mesmos ou, mesmo havendo, o erro não é detectado. O uso de um modelo virtual tridimensional facilita assim a identificação de falhas e a fácil resolução das mesmas.
- **Interferência:** todo e qualquer conflito encontrado entre as famílias empregadas na modelagem. Nessa categoria, o emprego da “Verificação de Interferências” foi fundamental, demonstrando o potencial que o *software* possui para o combate dessa problemática.

Assim, a porcentagem relacionada a cada uma das categorias empregadas no processo de compatibilização pode ser encontrada na Figura 51.

Figura 51 - Porcentagem referente a cada categoria de compatibilização.



Fonte: Elaborado pelo autor (2017).

Ao analisar os resultados, encontra-se que um total de 81% das compatibilizações, representando um total de 26 das 32 listadas, foram detectadas e poderiam ter sido facilmente evitadas com o emprego do *software* Autodesk Revit. As 6 problemáticas relacionadas à categoria “Inconsistência” (19%) não se devem a erros propriamente ditos, mas sim informações faltantes.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Com o término do presente trabalho, pode-se afirmar que o mesmo alcançou os objetivos que para ele foram estipulados, uma vez que foi modelada uma residência unifamiliar através de um *software* que utiliza os conceitos da tecnologia BIM, compatibilizando-se os projetos durante todo o processo. Mais do que isso, propiciou um contato maior com a área de projeção, não muito trabalhada durante a graduação, além de se tornar um primeiro contato com a tecnologia BIM e com o *software* Autodesk Revit.

No decorrer de todo o trabalho, mostrou-se clara a importância de um bom projeto para um bom exercício da engenharia civil, e como a tecnologia BIM vem de encontro às necessidades de engenheiros e arquitetos que querem se destacar no atual mercado de trabalho, um ambiente cada vez mais competitivo, onde detalhes podem ser cruciais na busca pelo sucesso.

Com o avanço da modelagem virtual, buscou-se corrigir erros que, caso passassem despercebidos e fossem levados ao canteiro, poderiam atrasar o fluxo de trabalho ou ainda serem corrigidos de maneira não-otimizada, gerando assim um possível desperdício de material e mão-de-obra. Ao fim da modelagem, a obtenção de uma maquete virtual precisa da obra poderia ainda servir para a correção ou alteração de pequenos detalhes a gosto do cliente, mostrando uma faceta diferente do uso do programa: com a disseminação da tecnologia BIM para as diversas áreas da engenharia civil, inclusive para os fornecedores de materiais, a disponibilização de famílias precisas quanto à dimensões, custo e aparência será inevitável e permitirá modelos ainda mais fiéis à realidade, evitando-se qualquer surpresa indesejável em uma fase da obra onde qualquer alteração encareça demasiadamente seu custo final.

Tratando-se do primeiro contato com o *software*, a modelagem por vezes se mostrou difícil, assim como a identificação e solução das interferências. Isso demonstra que a simples obtenção de licenças para uso do Revit e a compra de computadores de última geração não será suficiente para que um escritório possa afirmar que emprega a tecnologia BIM. Percebeu-se a importância de investir no ensino pleno do *software* às pessoas que ficarem encarregadas de usá-lo, assim como manter-se atualizado aos novos recursos disponíveis na tecnologia BIM,

usufruindo assim de todas as facetas disponíveis e executando projetos cada vez mais precisos e detalhados.

Apesar de o presente trabalho focar na elaboração de um modelo virtual e tridimensional e consequente compatibilização de projetos, a modelagem da informação da construção apresenta uma grande variedade de dimensões a serem empregadas conforme gosto e necessidade de engenheiros e arquitetos. Contudo, para seu pleno sucesso, o BIM deve ser encarado como mais do que apenas um avanço tecnológico: ele chega à engenharia civil e arquitetura como uma mudança no processo construtivo como um todo.

Como alternativas para trabalhos futuros, sugere-se explorar as demais dimensões disponíveis pela tecnologia BIM: a união do cronograma físico da obra à modelagem tridimensional, necessitando-se da aplicação em conjunto do *software* Autodesk Navisworks, para assim gerar um BIM 4D, ou ainda a análise de sustentabilidade do empreendimento, comparando-se diferentes métodos construtivos, tipos de revestimentos, posicionamento da obra no terreno (incidência de luz solar), entre outros.

Sugere-se ainda uma outra abordagem com relação à modelagem tridimensional feita em Revit: efetuar a comparação entre a modelagem de paredes como camada única (osso + revestimentos) e a modelagem empregada no presente trabalho (modelagem por camadas). Com isso, torna-se mais palpável a diferença na elaboração de quantitativos por cada método, podendo-se ainda buscar novas soluções que não a modelagem de cada revestimento como uma nova parede.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ADESSE, E. **A importância do coordenador do projeto na gestão da construção: a visão do empreendedor**. 2006. Dissertação (Pós-Graduação em Arquitetura) – PROARQ/FAU, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2006.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 5670: Seleção e Contratação de Serviços e Obras de Engenharia e Arquitetura de Natureza Privada**. Rio de Janeiro, 2012.

ATLANTA DOWNTOWN. Disponível em: <<https://www.atlantadowntown.com/>>. Acesso em: 17 out. 2017.

AUTODESK. Disponível em: <<https://www.autodesk.com.br/products/revit-family/overview>>. Acesso em: 18 out. 2017.

ÁVILA, Vinícius Martins. **Compatibilização de Projetos na Construção Civil: estudo de caso em um edifício residencial multifamiliar**. 2011. Monografia (Especialização em Construção Civil) - Escola de Engenharia, Universidade Federal de Minas Gerais - UFMG, Minas Gerais. 2011.

AZHAR, S. **Building Information Modeling (BIM): Trends, Benefits, Risks, and Challenges for the AEC Industry**. Leadership and Management in Engineering, v. 11, 2011.

BIM Experts. O que é BIM? Disponível em: <<http://bimexperts.com.br/bim-definicao/>>. Acesso em: 17 set. 2017.

CALAVERA, Ruiz J. **Human and psychological aspects of the implementation of quality control in construction**. In: BEZELGA, A. (ed.); BRANDON, P.S. (ed.). Management, quality and economics in building. London, E&FN Spon, 1991.

CARDOSO, Francisco Ferreira. A importância da TI para a construção civil. **Portal Itambé**, 2009. Disponível em: <<http://www.cimentoitambe.com.br/a-importancia-da-ti-para-a-construcao-civil/>>. Acesso em: 16 set. 2017.

COSTA, Eveline Nunes. **Avaliação da metodologia bim para a compatibilização de projetos [manuscritos]**. 2013. 84f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Escola de Minas, Universidade Federal de Ouro Preto, 2013.

EASTMAN, Chuck et al. **BIM Handbook: a guide to building information modeling for owners, managers, designers, engineers and contractors**. 2. ed. Hoboken, New Jersey: John Wiley & Sons, Inc., April, 2011. 648p.

FABRÍCIO, Márcio Minto. **O Projeto Simultâneo na Construção de Edifícios**. 2002. Tese (Doutorado em Engenharia Civil) - Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, São Paulo. 2002.

FRANCO, Luiz Sérgio; AGOPYAN, Vahan. **Implementação da Racionalização Construtiva na Fase de Projeto**. Boletim Técnico/PPC, 1994.

GAVRAS, Douglas. Crise e lava jato fazem diploma de engenharia voltar para a gaveta. **O Estado de São Paulo**, 2017. Disponível em: <<http://economia.estadao.com.br/noticias/sua-careira,crise-e-lava-jato-fazem-diploma-de-engenharia-voltar-para-a-gaveta,70001873299>>. Acesso em: 16 set. 2017.

GERMANO, Cassio. Falha de planejamento nos projetos atrasa e onera obras da Copa. **AECWeb**, 2014. Disponível em: <https://www.aecweb.com.br/cont/m/cm/falha-de-planejamento-nos-projetos-atrasa-e-onera-obras-da-copa_8597>. Acesso em: 16 set. 2017.

GEROLLA, Giovanny. Coordenador de Projetos. **Téchne**, 2012. Disponível em: <<http://techne17.pini.com.br/engenharia-civil/190/artigo288014-1.aspx>>. Acesso em: 17 set. 2017.

GRILO, Leonardo Melhorato et al. **Implementação da Gestão da Qualidade em Empresas de Projeto**. Ambiente Construído, Porto Alegre, v. 3, n. 1, p. 55-67, 2003.

Instituto Americano de Arquitetos. Disponível em: <<https://www.aia.org/>> Acesso em: 17 out. 2017.

KREIDER, Ralph; MESSNER, John; DUBLER, Craig. **Determining the Frequency and Impact of Applying BIM for Different Purposes on Building Projects**. In: PROCEEDINGS OF THE 6TH INTERNATIONAL CONFERENCE ON INNOVATION IN ARCHITECTURE, ENGINEERING AND CONSTRUCTION (AEC), Penn State University, University Park, PA. Anais, USA, 2010.

MAKEBIM. Disponível em: <<http://www.makebim.com/2017/01/13/tecnologia-bim-ciclo-do-3d-ao-7d/>>. Acesso em: 18 set. 2017.

MANZIONE, Leonardo. **Proposição de uma estrutura conceitual de gestão do processo colaborativo com o uso do BIM**. 2013. 325 p. Tese (Doutorado em Engenharia Civil) - Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, São Paulo. 2013.

MCGRAW HILL CONSTRUCTION. **SmartMarket report on the business value of BIM for construction in major global markets: how contractors around the world are driving innovation with building information modeling**. Bedford, Massachusetts: McGraw Hill Construction, 2014.

MELHADO, S. B. **Qualidade do projeto na construção de edifícios: aplicação ao caso das empresas de incorporação e construção**. 1994. 294 p. Tese (Doutorado em Engenharia). Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, São Paulo, 1994.

MELHADO, S. B. **O que é qualidade de projeto? Uma discussão acerca das mudanças conceituais necessárias para a melhoria da qualidade na construção de edificações**. In: WORKSHOP QUALIDADE DE PROJETO/RS, Porto

Alegre, Anais. Porto Alegre, Departamento de Engenharia Civil/Escola Politécnica/PUC-RS, 1995.

MELHADO, S. B. **Gestão, Cooperação e Integração para um Novo Modelo Voltado à Qualidade do Processo de Projeto na Construção de Edifícios**. 2001. 235 p. Tese (Doutorado em Engenharia). Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2001.

MELHADO, S. B. et al. **Coordenação de projetos de edificações**. 1. ed. São Paulo: Nome da Rosa Editora, 2005.

MIDC. Decreto cria comitê estratégico para a disseminação do Bim no Brasil. 2017. Disponível em: <<http://www.mdic.gov.br/index.php/noticias/2543-decreto-cria-comite-estrategico-para-a-disseminacao-do-bim-no-brasil>>. Acesso em: 06 nov. 2017.

NASCIMENTO, J. M. **A Importância da Compatibilização de Projetos como Fator de Redução de Custos na Construção Civil**. Revista Especialize On-line IPOG, Goiânia, v. 1, n. 7, jul. 2014.

NETWORK Technologies. Disponível em: <<http://www.nticonsultants.com/>>. Acesso em: 17 out. 2017.

NÓBREGA JUNIOR, C. L.; MELHADO, S. B. **Coordenador de Projetos de Edificações: Estudo e Proposta para Perfil, Atividades e Autonomia**. Gestão e Tecnologia de Projetos, São Paulo, v. 8, n. 1, p. 69-89, jan./jun. 2013.

POTTER, Hyury. Alesc aprova projeto de lei que proíbe comercialização de amianto em Santa Catarina. **Diário Catarinense**, 2016. Disponível em: <<http://dc.clicrbs.com.br/sc/noticias/noticia/2016/12/ale-sc-aprova-projeto-de-lei-que-proibe-comercializacao-de-amianto-em-santa-catarina-8753942.html>>. Acesso em: 06 nov. 2017.

PRATES, Vinicius. BIM avança no Brasil. **Construção Mercado**, 2010. Disponível em: <<http://construcaomercado17.pini.com.br/negocios-incorporacao-construcao/112/artigo283816-1.aspx>>. Acesso em: 17 set 2017.

REDDY, K. P. **BIM for building owners and developers: making a business case for using BIM on projects**. USA: Wiley, 2012.

REGO, Rejane de Moraes. **As Naturezas Cognitivas e Criativa da Projetação em Arquitetura: Reflexões Sobre o Papel Mediador das Tecnologias**. Rev. Esc. Minas, Ouro Preto, v. 54, n. 1. jan./mar. 2001.

SALAS O'BRIEN. Disponível em: <<https://salasobrien.com/>>. Acesso em: 18 out. 2017.

SANT'ANA, Edson Poyer. LOD: trabalhando BIM em alto nível. **AltoQI**. Disponível em: <<http://maisengenharia.altoqi.com.br/bim/lod-trabalhando-bim-em-alto-nivel/>>. Acesso em: 29 out. 2017.

TAVARES JÚNIOR, Wandemberg. **Desenvolvimento de um modelo para compatibilização das interfaces entre especialidades do projeto de edificações em empresas construtoras de pequeno porte**. 2001. Dissertação (Mestrado em Engenharia). Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2001.

TEKLA. O que é BIM? Disponível em: <<https://www.tekla.com/br/sobre/o-que-%C3%A9-bim>>. Acesso em: 16 set. 2017.

TZORTOPOULOS, Patrícia. **Contribuições para o desenvolvimento de um modelo do processo de projeto de edificações em empresas construtoras incorporadoras de pequeno porte**. 1999. Dissertação (Pós-Graduação em Engenharia Civil). Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 1999.

VOLPATO, Mateus Pereira. **Modelagem, Compatibilização de Projetos e Orçamentação de um Edifício Residencial através da Metodologia BIM**. 2015. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Civil), Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2015.